

Michala, Nicole

Psychoakustik und deren Anwendung im
Corporate Sound

– Bachelorarbeit –

Hochschule Mittweida – University of Applied Science (FH)
Fakultät Medien

Michala, Nicole

Psychoakustik und deren Anwendung im
Corporate Sound

– eingereicht als Bachelorarbeit –

Hochschule Mittweida – University of Applied Science (FH)
Fakultät Medien

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Michael Hösel
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Mitko Kobilarov
Mittweida – 2010

Michala, Nicole:

Psychoakustik und deren Anwendung im Corporate Sound

2010 - 104 Seiten

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Medien, Bachelorarbeit

Referat

Diese Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Frage, wie das menschliche Ohr als Sinnesorgan den akustischen Schall aufnimmt, wie er kognitiv weiterverarbeitet wird und wie er am Ende vom Menschen wahrgenommen wird. Weiterhin wird untersucht, wie bei der Unternehmenskommunikation die Erkenntnisse der Psychoakustik genutzt werden, um die Konsumenten in gewünschter Weise zu beeinflussen.

Im Laufe dieser Arbeit werden die aktuellen Kenntnisse der Psychoakustik erfasst und erklärt. Gesetzmäßigkeiten aus diesem Gebiet werden benannt und deren Effekte beschrieben.

Verschiedene akustische Kommunikationsmittel werden dabei analysiert. Die Methoden bei der Umsetzung werden beschrieben, mit denen bestimmte Emotionen mit Hilfe des Wissens um die Psychoakustik beim Konsumenten hervorgerufen werden können. Vor allem soll hierbei auf den Corporate Sound von Unternehmen Bezug genommen werden.

Auch die Vorgehensweisen und Strategien im kreativen und konzeptionellen Prozess der Entwicklung einer Klangidentität für ein Unternehmen sollen dargestellt und analysiert werden. Die Methoden dieser Konzeptentwicklung werden benannt und erläutert.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	9
Vorwort und Danksagung	11
Einleitung.....	12
 <i>1. Die akustische Wahrnehmung des Menschen</i>	 15
1.1. Die Bedeutung der Hörfähigkeit für den Menschen.....	15
1.2. Der physiologische Hörvorgang.....	17
1.2.1. Das Ohr	17
1.2.2. Das Außenohr.....	18
1.2.3. Das Mittelohr.....	19
1.2.4. Das Innenohr	19
1.3. Die kognitive Reizinterpretation von Hörereignissen.....	21
1.3.1. Die elektrophysiologische Codierung des Schalls	22
1.3.1.1. <i>Die Codierung der Frequenzen</i>	22
1.3.1.2. <i>Die Codierung der Lautstärke</i>	25
1.3.1.3. <i>Die auditive Reizleitung ins Zentrale Nervensystem</i>	26
1.4. Die Wahrnehmungskette	28
1.4.1. Die Wahrnehmung	28
1.4.2. Die Wahrnehmungskette	28
1.5. Störungen der auditiven Wahrnehmung	31
1.5.1. Auditive Wahrnehmungsstörungen	31
1.5.2. Akustische Täuschungen.....	32

1.6. Die Zusammenarbeit der Sinne	35
1.6.1. Die Zusammenarbeit von Hör- und Sehsinn.....	36
1.6.1.1. <i>Kooperation beim Entdecken von Informationen</i>	36
1.6.1.2. <i>Kooperation beim Lokalisieren</i>	37
1.6.1.3. <i>Kooperation beim Identifizieren</i>	38
1.6.2. Synästhesie	39
2. Die Psychoakustik des Menschen.....	40
2.1. Psychoakustische Größen, Parameter und Kennlinien	40
2.1.1. Ruhehörschwelle, Schmerzschwelle und Hörfläche	40
2.1.1.1. <i>Die Ruhehörschwelle</i>	41
2.1.1.2. <i>Die Schmerzschwelle</i>	43
2.1.1.3. <i>Die Hörfläche</i>	44
2.1.2. Die Tonhöhe	45
2.1.3. Die Tonhaltigkeit	45
2.1.4. Schalldruckpegel, Lautstärkepegel und Lautheit	46
2.1.4.1. <i>Der Schalldruckpegel</i>	46
2.1.4.2. <i>Der Lautstärkepegel</i>	47
2.1.4.3. <i>Die Lautheit</i>	47
2.1.5. Die Isophone.....	49
2.1.6. Dynamikumfang und Lautstärkeänderungen.....	50
2.1.6.1. <i>Der Dynamikumfang</i>	50
2.1.6.2. <i>Eben wahrnehmbare Lautstärkeänderungen</i>	50

2.1.7. Die Schärfe	51
2.1.8. Schwebung und Rauigkeit	52
2.1.8.1. <i>Die Schwebung</i>	52
2.1.8.2. <i>Die Rauigkeit</i>	53
2.1.9. Die Impulshaltigkeit.....	54
2.2. Psychoakustische Phänomene und Fähigkeiten.....	54
2.2.1. Binaurales Hören	55
2.2.1.1. <i>Lokalisation in der horizontalen Ebene</i>	55
2.2.1.2. <i>Lokalisation durch Laufzeitdifferenzen</i>	55
2.2.1.3. <i>Lokalisation durch Pegeldifferenzen</i>	56
2.2.1.4. <i>Lokalisation in der vertikalen Ebene</i>	57
2.2.1.5. <i>Die binaurale Lautheit</i>	57
2.2.1.6. <i>Die interaurale Tonhöhendifferenz</i>	58
2.2.1.7. <i>Der Haas-Effekt</i>	58
2.2.1.8. <i>Der Franssen-Effekt</i>	59
2.2.1.9. <i>Anwendung in der Stereophonie</i>	60
2.2.1.10. <i>Anwendung im Surround-Sound</i>	61
2.2.2. Die Adaption	63
2.2.3. Die Maskierung.....	64
2.2.4. Einfluss der Schalldauer auf die Lautheit	66
2.2.5. Einfluss des Schalldruckpegels auf die Tonhöhe	67
2.2.6. Mehrdeutige Tonhöhen eines Klanges.....	68
2.2.7. Der Zwickersche Nachton	69

2.2.8. Die virtuelle Tonhöhe	70
2.2.9. Kombinationstöne	71
2.3. Die Psychoakustik von Geräuschen	71
2.3.1. Die Tonhaltigkeit von Geräuschen	72
2.3.2. Die Tonhöhenwahrnehmung von Geräuschen	72
2.3.3. Die kognitive Verarbeitung von Geräuschen	72
2.4. Die Psychoakustik von Sprache	73
2.4.1. Die Phonetik	73
2.4.2. Die Intonation.....	74
2.4.3. Der Lombardeffekt	75
2.4.4. Die Motor-Theorie	76
2.5. Die Psychoakustik von Musik	76
2.5.1. Bindung und Trennung.....	77
2.5.2. Motiv und Phrase	77
2.5.3. Die Harmonie.....	77
2.6. Methoden für statistische Kenngrößen der Psychoakustik.....	78
3. <i>Angewandte Psychoakustik in der Unternehmenskommunikation</i>	80
3.1. Corporate Sound	81
3.1.1. Der Begriff des „Corporate Sound“	82
3.1.2. Die Elemente des Corporate Sound.....	82
3.1.3. Das Gestaltungsmittel Musik.....	83
3.1.4. Das Gestaltungsmittel Sprache.....	85
3.2. Sound im Marketing.....	85

3.2.1. Sound beim Marketing im Radio, Fernsehen und Kino	86
3.2.2. Sound beim Marketing im Internet	87
3.2.3. Sound beim Marketing am Telefon	87
3.2.4. Sound beim Marketing am Point of Sale	88
3.3. Planungsstrategien für Corporate Sound	88
3.3.1. Konzeption der einzelnen Elemente.....	89
3.3.1.1. <i>Das Sound Logo</i>	89
3.3.1.2. <i>Der Jingle</i>	90
3.3.1.3. <i>Der Werbesong</i>	91
3.3.1.4. <i>Der Brand Song</i>	92
3.3.1.5. <i>Die Brand Voice</i>	92
3.3.1.6. <i>Das Earcon</i>	92
3.3.1.7. <i>Der Produktsound</i>	93
3.3.1.8. <i>Das Soundscape</i>	94
3.3.2. Konzeption von Klangidentitäten.....	94
 4. <i>Schlussbetrachtung und Ausblick</i>	 96
Literaturverzeichnis.....	98
Erklärung zur selbstständigen Anfertigung	104

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Teilgebiete der Unternehmens-Persönlichkeit</i>	13
<i>Abbildung 2: Anatomie des Ohres.....</i>	18
<i>Abbildung 3: Aufbau der Cochlea und Schallverlauf</i>	20
<i>Abbildung 4: Lokalisierung der Frequenzen auf der Basilarmembran</i>	23
<i>Abbildung 5: Anatomie des Cortischen Organs.....</i>	24
<i>Abbildung 6: Das Modell der Wahrnehmungskette</i>	29
<i>Abbildung 7: Optische Täuschung „Endlose Treppe“ von M. C. Escher</i>	33
<i>Abbildung 8: Die Ruhehörschwelle in Abhängigkeit der Frequenz</i>	42
<i>Abbildung 9: Die Schmerzschwelle in Abhängigkeit der Frequenz.....</i>	43
<i>Abbildung 10: Die Hörfläche zwischen Schmerz- und Ruhehörschwelle ...</i>	44
<i>Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Lautheit und Lautstärkepegel ...</i>	48
<i>Abbildung 12: Isophone bei 3, 20, 40, 60, 80 und 100 phon.....</i>	49
<i>Abbildung 13: Eben wahrnehmbare Lautstärkeänderung in Abhängigkeit des Schalldruckpegels.....</i>	51
<i>Abbildung 14: Skizze einer Schwebung</i>	53
<i>Abbildung 15: Bereich der Schwingung, Rauigkeit und 2 wahrnehmbarer Töne in Abhängigkeit der Trägerfrequenz.....</i>	54
<i>Abbildung 16: Laufzeitunterschiede am Kopf in Abhängigkeit des jeweiligen Einfallswinkels</i>	56
<i>Abbildung 17: Das Stereodreieck.....</i>	61
<i>Abbildung 18: Aufstellungsnorm nach ITU-R BS für 5.1.....</i>	62
<i>Abbildung 19: Skizze über die Abnahme der empfundenen Lautstärke mit zunehmender Zeit</i>	63
<i>Abbildung 20: Beeinflussung der Hörschwelle bei Einwirkung einer Störfre- quenz von 1 kHz bei 20, 40, 60, 80 und 100 dB</i>	65

<i>Abbildung 21: Abnahme des Lautheitsempfindens bei zunehmender Zeit</i>	66
<i>Abbildung 22: empfundene Tonhöhenabweichung in Abhängigkeit des Schallpegels</i>	67
<i>Abbildung 23: Frequenzspektrum eines Klanges</i>	68
<i>Abbildung 24: Frequenzspektrum eines Breitbandrauschens mit Lücke und des Zwickerschen Nachtons</i>	69
<i>Abbildung 25: Entstehung eines Residuums</i>	71
<i>Abbildung 26: Einordnung des Corporate Sound in die Unternehmens-Persönlichkeit</i>	81
<i>Abbildung 27: Zuordnung von Musikstilen zu bestimmten Produktmerkmalen nach Bertoni und Geiling</i>	84
<i>Abbildung 28: Ergebnis aus der Comevis-Studie zur Wirkung von Sound Logos</i>	86
<i>Abbildung 29: Grafisches Logo der Telekom</i>	90

Vorwort und Danksagung

Das Interesse für die Psychoakustik und den Corporate Sound entstand während meines Bachelorstudiums an der Hochschule Mittweida. In dem Studiengang Medientechnik mit der Vertiefungsrichtung Hörfunk konnte ich meine bereits vorher in Praktika erlernten Kenntnisse der Audiotechnik und der Produktion von Sound vertiefen. Speziell auf die Werbebranche im Audio-Bereich wurde ich aufmerksam, als Mitko Kobilarov, Geschäftsführer der EOR Mediastudio GbR, einen Fachvortrag zum Thema Produktion von Radiowerbung an der Hochschule Mittweida hielt. Danach beschloss ich, mich weiter beruflich in dieser Richtung zu orientieren. Bei meinem Praktikum von März bis Juli 2010 im EOR Mediastudio in Chemnitz habe ich meine bisher erworbenen Kenntnisse von Audio als Kommunikationsmedium vertieft. Diese Bachelorarbeit entstand unter der Betreuung des Teams vom EOR Mediastudio. Während dieses Praktikums habe ich meine Faszination für die akustische Kommunikation speziell von Unternehmen gefunden. Daher wählte ich das Thema für meine Bachelorarbeit entsprechend und auch mein Masterstudium wird dementsprechend mit dem Studiengang „Kommunikationswissenschaft“ an der Universität Erfurt anknüpfen.

Für die viele Hilfe und Unterstützung jeglicher Art, die zur Entstehung dieser Bachelorarbeit beigetragen hat, möchte ich mich hier besonders bedanken. Dem Team vom EOR Mediastudio und besonders den Geschäftsführern Sören Bräuer und Mitko Kobilarov danke ich dafür, dass sie mir allen Fragen gegenüber immer offen waren und mir einen bestmöglichen Einblick in ihre Arbeit gegeben haben. Außerdem möchte ich folgenden Personen danken, die meine Arbeit regelmäßig korrekturgelesen haben: Doris Michala, Peter Michala, Ines Michala sowie Christian Schulz und Lars Graupner. Ihm danke ich zudem auch noch für die Unterstützung bei der optischen Gestaltung.

Einleitung

Die Existenz einer Identität von Unternehmen war lange umstritten, da der Begriff „Identität“ nur im Zusammenhang von einzelnen Individuen genutzt wird und nicht wie bei Unternehmen für große Gruppen. Mit der Zeit wurde dieses Begriffsverständnis aber angepasst. Gertrud Achterholt veröffentlichte 1988 in ihrem Buch „Corporate Identity“ folgende Aussage zur Existenz der Identität von Unternehmen:

„So ist es zutreffend, dass Kollektive keine Individualeigenschaften haben können, ebenso richtig ist es aber auch, daß Menschen Kollektiven Individual-eigenschaften zuschreiben. Damit stellt diese Behauptung eine – wenn auch nirgends ausdrücklich genannte – Basisannahme der Theorie der Corporate Identity dar, die die Übertragung des Identitätskonzeptes auf Unternehmen erklärt und rechtfertigt.“

Achterholt, Gertrud: Corporate Identity, 1988, Verlag Dr. Th. Gabler GmbH

Die beiden Begriffe „Corporate Identity“ und „Image“ sind abzugrenzen. Während die „Corporate Identity“ das Selbstbild eines Unternehmens bezeichnet, beschreibt das „Corporate Image“ das Fremdbild auf das Unternehmen. Das Image ist die Projektion der eigenen Corporate Identity im sozialen Umfeld um das Unternehmen herum. Es ist das Bild, das die Öffentlichkeit von dem Unternehmen hat. Ziel der Unternehmen ist es, die Kommunikation mit der Öffentlichkeit und auch intern so zu gestalten, dass eine Harmonie zwischen dem Fremd- und dem Eigenbild entsteht. Dass sie sich also soweit angleichen, dass es kaum noch Unterschiede zu erkennen gibt.

Das Konzept einer Corporate Identity basiert auf der sogenannten Unternehmens-Persönlichkeit. Auf sie bauen die Elemente „Unternehmens-Erscheinungsbild“, „Unternehmens-Verhalten“ und „Unternehmens-Kommunikation“ auf. Diese vier Elemente wirken sowohl nach außen vom Unternehmen aus auf die Öffentlichkeit, als auch intern innerhalb des Unternehmens. Außerdem bedingen sie sich gegenseitig. In der folgenden Abbildung ist dieser Zusammenhang dargestellt.

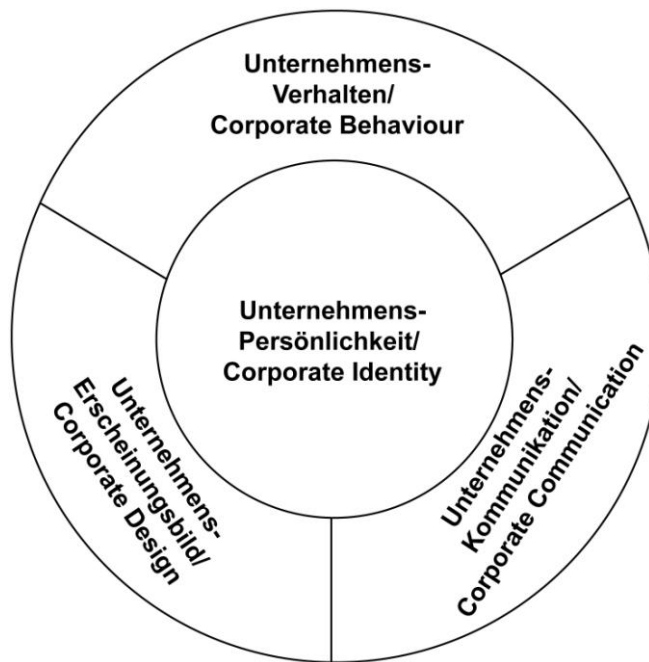


Abbildung 1: Teilgebiete der Unternehmens-Persönlichkeit

Die Corporate Identity als Unternehmensstrategie betrachtet, ist das Ziel und das Instrument zugleich. Es beinhaltet die Ausrichtung aller Aktivitäten und die Einstellungs- und Verhaltensänderungen, die das Unternehmen bei der Annäherung an die Ziel-Identität bewirkt.

Das Corporate Design dient der Umsetzung des Unternehmens-Erscheinungsbildes. In erster Linie wird darin die grafische Umsetzung vom Auftritt des Unternehmens oder auch seiner Produkte gesehen. Jedoch wird häufig in der Fachliteratur das Sounddesign für diesen Zweck vernachlässigt. Es ist genauso wie die grafische Gestaltung Teil des Unternehmens-Erscheinungsbildes. Als Teil des Corporate Design erhält dieses Gebiet den Namen „Corporate Sound“. Es ist die akustische Gestaltung des Unternehmensauftritts. Es gibt zahlreiche Schnittstellen zwischen dem Unternehmen und dem Konsumenten, wo auch mit akustischen Mitteln kommuniziert wird. Das kann einmal das Produkt selbst sein, es können aber auch Kommunikationsmittel sein wie Telefon, Internet oder der Rundfunk. Es kann auch der Point-of-Sale, also die Verkaufsstelle der Produkte sein, oder die Räume des Unternehmens. Dies sind nur einige Beispiele. Es gibt genügend Möglichkeiten, sich als Unternehmen auch akustisch zu repräsentieren und auch zu platzieren. Für ein ganzheitliches und vollständiges Corporate Design und somit auch für eine ganzheitliche Corporate Identity

ist es unerlässlich, sich auch mit der qualitativen Gestaltung von Klängen auseinander zu setzen.

In der nachfolgenden Arbeit wird die Funktionsweise des Corporate Sound untersucht. Auch die Mechanismen, die dabei am Konsumenten wirken, werden betrachtet und erläutert. Somit soll ein Verständnis für die Wirkung von Sound bei der Unternehmens-Kommunikation und beim Unternehmens-Erscheinungsbild geschaffen werden. Im zweiten Teil werden aufbauend auf die gewonnen Erkenntnisse Vorgehensweisen aufgezeigt, die zur Schaffung einer ganzheitlichen Unternehmens-Klangidentität herangezogen werden. Solche Konzepte und Strategien werden gezeigt und erklärt und es soll deutlich werden, wie das theoretische Wissen über Klang praktisch zu Kommunikationszwecken in der Wirtschaft angewandt wird.

1. Die akustische Wahrnehmung des Menschen

Die Untersuchung der Funktionsweise und Mechanismen der Wahrnehmung und speziell der akustischen Wahrnehmung des Menschen ist für die Erklärung und Betrachtung der Wirkungsweisen und Gesetzmäßigkeiten im Corporate Sound wichtig. Erst nachdem verstanden wurde, wie der Mensch hört und welchen Beschränkungen oder Täuschungen er unterworfen ist, können Möglichkeiten gefunden werden, um bestimmte Informationen mit dem Medium Schall zu transportieren und damit beim Menschen bestimmte Emotionen oder gar Handlungsmuster auszulösen.

1.1. Die Bedeutung der Hörfähigkeit für den Menschen

Seit 6 Millionen Jahren lebt der Mensch auf der Erde. Die physiologische Funktionsweise des Ohres gibt es dagegen schon seit über 500 Millionen Jahren. Zu dieser Zeit lebten Urwirbeltiere im Wasser, die ein einfaches und nach außen gewölbtes Organ besaßen, das die Funktion des Hörsinnes übernahm. Dieses nach außen gewölbte Organ war mit dem umgebenden Meerwasser gefüllt. Der Schall der damals aufgenommen wurde, war also noch nicht Luftschall, so wie wir ihn als Menschen wahrnehmen, sondern Flüssigschall. In unserem heutigen Hörorgan, dem Ohr, befindet sich auch unser Gleichgewichtsorgan. Dieses besteht aus den in allen 3 räumlichen Ebenen angeordneten Bogengängen. Auch dieses hat sich schon bereits vor 500 Millionen Jahren entwickelt. In dem erwähnten, nach außen gewölbten Organ befanden sich kleine Kugeln, die der Orientierung und zur Erkennung der eigenen Position dienten. Dieses erste Gleichgewichtsorgan war auch notwendig, damit die damals noch ausschließlich im Wasser lebenden Wirbeltier an Land gehen konnten. Auch für unseren aufrechten Gang ist das Gleichgewichtsorgan unerlässlich.

Der Übergang der Tiere vom Wasser zum Land stellte neue Anforderungen an das Hörorgan. Vorher war es dazu geeignet unter Wasser Schall wahrzunehmen und es war auch mit Wasser gefüllt. Jetzt jedoch trifft es auf Luftschall. Der Schall im Wasser ist fünfmal schneller als der in Luft. An diese neue Umgebung passte sich das Gehör an. Es wandelt jetzt den Luftschall in Flüssigschall um. Die Flüssigkeit stammt jetzt nicht mehr aus

der Umgebung, sondern aus dem eigenen Körper. Heute nennen wir sie „Perilymphe“.

Unser heutiges menschliches Gehör ist stets aktiv und kann als Sinnesorgan nicht wie die Augen verschlossen werden. Dadurch ist das Gehör einer besonders hohen Belastung ausgesetzt. Das erklärt auch, warum die Hörfähigkeit des Menschen ab dem Beginn seiner Geburt stetig abnimmt bis zu seinem Tode. Im Innenohr befinden sich auch die meisten Nervenendungen des Körpers.

Der Mensch kann Dinge hören, die er noch nicht sehen kann. Vermimmt er ein unbekanntes Geräusch, hört er sofort darauf und seine Konzentration ist nur noch auf sein Gehör gelenkt. In Gefahrensituation ist unser Gehör das am stärksten arbeitende Sinnesorgan.

Gesehenes kann erst eindeutig verarbeitet und verstanden werden, wenn die Geräusche dazu wahrgenommen werden. Das Gehör interagiert sehr stark mit den Augen. Das Gehirn braucht beide Informationsquellen für eine eindeutige Informationszuordnung. Auch andersherum können Geräusche, die nur gehört werden, und deren Quelle nicht sichtbar ist, nicht immer eindeutig zugeordnet werden oder auch fehlinterpretiert werden. Erst wenn der Mensch die Geräuschquelle zusätzlich sieht, ist das Geräusch eindeutig zugeordnet. In Filmen verwenden Sounddesigner sehr häufig diesen Effekt. Sehr oft hören wir Geräusche, die von verschiedensten Gegenständen und Geräuschquellen stammen. Der Zuschauer denkt dann, dass er wirklich Pferdegetrappel hört, weil er es auch sieht. In Wirklichkeit hat der Sounddesigner aber einfach auf Holz geklopft und dieses Geräusch am Ende zu einem Pferdegetrappel ähnlichen Geräusch zusammengesetzt.

Auch für die soziale Komponente der menschlichen Existenz spielt die Hörfähigkeit eine wichtige Rolle. Ohne zu Hören, wäre sprachliche Kommunikation nicht möglich. Über den Tonfall seines Gegenübers kann der Mensch erkennen, ob der andere die Wahrheit sagt, oder was für Emotionen er dabei hat. Es wird also noch viel mehr transportiert als nur die reinen Laute. Auch hierbei spielt die visuelle Komponente eine wichtige Rolle. Der Gesichtsausdruck kann bestimmte Emotionen noch viel mehr verdeutlichen oder auch Aussagen komplett anders darstellen.

Der Mensch erlernt das Sprechen nur mithilfe der Fähigkeit, Gesprochenes zu hören. Bereits Kinder im Mutterleib können hören, dies dient der Bindung an die Mutter als erste Bezugsperson.

1.2. Der physiologische Hörvorgang

Der physiologische Hörvorgang beschreibt den körperlichen Prozess des Hörens. Das Hören ist eine Sinneswahrnehmung. Das heißt, dass ein Reiz, der von außen auf den Menschen trifft, aufgenommen, verarbeitet und interpretiert wird. Dabei ist es immer eine subjektive Wahrnehmung einer physikalischen Erscheinung aus der Umwelt. Im Falle des Hörens stellt der Reiz den Schall dar. Schall ist eine periodische Luftdruckschwankung, die der Mensch zwischen der Frequenz von 20 Hertz und 20 Kilohertz wahrnehmen kann. Beim physiologischen Hörvorgang trifft der Schall auf das Sinnesorgan des Menschen. In diesem Fall ist es das Ohr. Dieses nimmt den Reiz in den Körper auf und verarbeitet es solange weiter bis daraus ein Nervenimpuls entsteht, der zum Gehirn geleitet wird und dort interpretiert wird. Der physiologische Hörvorgang endet meiner Meinung nach beim Entstehen eines Nervenimpulses. Ab diesem Punkt werde ich die Begrifflichkeit „kognitiver Hörvorgang“ verwenden.

1.2.1. Das Ohr

Das Ohr ist das Organ, welches akustische Reize aufnimmt und in elektrische Nervenimpulse wandelt für die Weiterverarbeitung im Gehirn. Der Reiz beim Hörvorgang ist wie bereits erwähnt der Schall. Dieser ist eine periodische Luftschalldruckschwankung mit einer hörbaren Frequenz von 20 Hertz bis 20 Kilohertz. In dem Frequenzbereich darunter spricht man von Infraschall und in dem darüber von Ultraschall. Dieser Schall trifft auf den Menschen und auch auf seine Ohren. Als erstes jedoch trifft er auf das Außenohr, dem ersten Teil des Gehörorgans, den der Schall durchläuft.

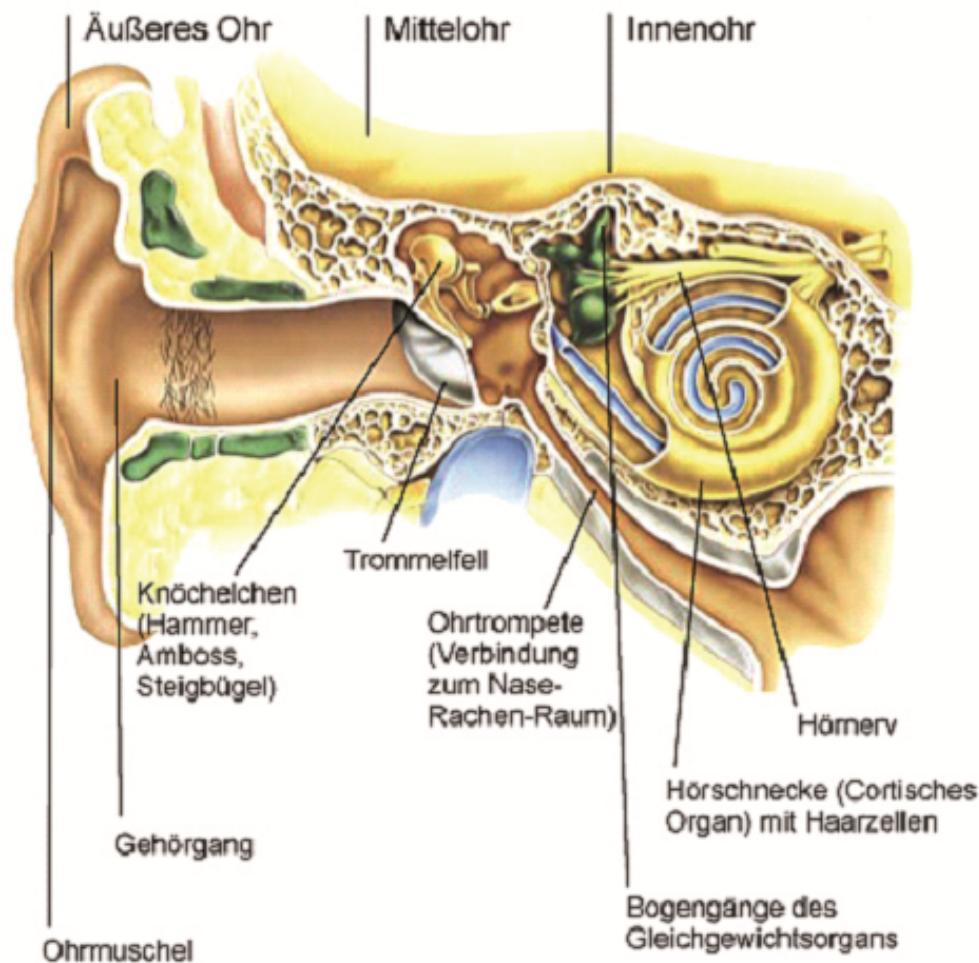


Abbildung 2: Anatomie des Ohres

1.2.2. Das Außenohr

Als erstes trifft der Schall auf die Ohrmuschel. Sie besteht aus elastischem Knorpel und ist mit äußerer Haut überzogen. Jeder Mensch hat eine individuell geformte Ohrmuschel. Jedoch dient sie aufgrund ihrer Formung als Filtersystem. Es entstehen Klangverfärbungen durch die leicht unterschiedlichen Laufzeiten des Schalls innerhalb der Erhöhungen und Vertiefungen in der Ohrmuschel. Jeder Mensch lernt also ab dem Zeitpunkt seiner Geburt, seine eigene Ohrmuschel zu verstehen. Diese Laufzeitunterschiede sind zwar nur minimal, jedoch bei jedem Menschen anders, und jeder Mensch muss eine andere Klangfärbung interpretieren.

Die Ohrmuschel geht in den Gehörgang über. Das äußere Drittel des Gehörgangs wird von Knorpel gebildet. Die weiteren inneren zwei Drittel werden vom knöchernen Schläfenbein gebildet. Der Gehörgang leitet den Luftschall weiter zum Trommelfell.

Das Trommelfell stellt den Übergang vom Außenohr zum Mittelohr dar. Das Trommelfell ist eine Membran, die am Ende des Gehörgangs sitzt. Sie ist etwa 0,1 mm dick. Sie wandelt den Luftschall in Körperschall um.

1.2.3. Das Mittelohr

Das Trommelfell wandelt den Luftschall in Körperschall um, da direkt am Trommelfell die Gehörknöchelchen sitzen. Der Luftschall trifft auf das Trommelfell, es beginnt entsprechend der periodischen Luftdruckschwankung zu schwingen und versetzt somit auch die angeschlossenen Gehörknöchelchen in Schwingung. Die drei Gehörknöchelchen sind in Reihenfolge der Hammer, der Amboss und der Steigbügel. Der Hammer ist an seinem einen Ende mit dem Trommelfell verwachsen. Über Gelenke sind die weiteren Gehörknöchelchen miteinander verbunden.

Der Steigbügel ist mit einer Membran verbunden, die als „ovales Fenster“ bezeichnet wird. An dieser Stelle ist die Steigbügelplatte in das Felsenbein eingepasst. Diese Verbindung ist mit einer elastischen Bandhaft, was eine gelenklose Verbindung zweier Knochen mittels Bindegewebe darstellt, abgedichtet. Das ovale Fenster stellt den Übergang vom Mittelohr zum Innenohr dar.

Das Mittelohr befindet sich in einer Höhle im Schädelknochen, die sogenannte „Paukenhöhle“. Sie ist mit Luft gefüllt und mit Schleimhaut überzogen. Diese Paukenhöhle ist über die eustachische Röhre mit dem Rachenraum verbunden, damit ein Druckausgleich zwischen Mittelohr und Außenwelt stattfinden kann.

1.2.4. Das Innenohr

Das ovale Fenster wandelt den Körperschall, der über die Gehörknöchelchen geführt wird, in Flüssigschall um. Das ist möglich, da vor dem ovalen Fenster ein Festkörper den Schall leitet und direkt danach die Cochlea folgt, die mit Flüssigkeit gefüllt ist. Die schwingenden Gehörknöchelchen

versetzten auch die angeschlossene Membran des ovalen Fensters in Schwingung. Diese wiederum bringt die sich dahinter befindende Flüssigkeit in Schwingung. Die Cochlea, die auf das ovale Fenster folgt, ist das eigentliche Hörorgan. In der folgenden Abbildung ist sie schematisch im Querschnitt dargestellt.

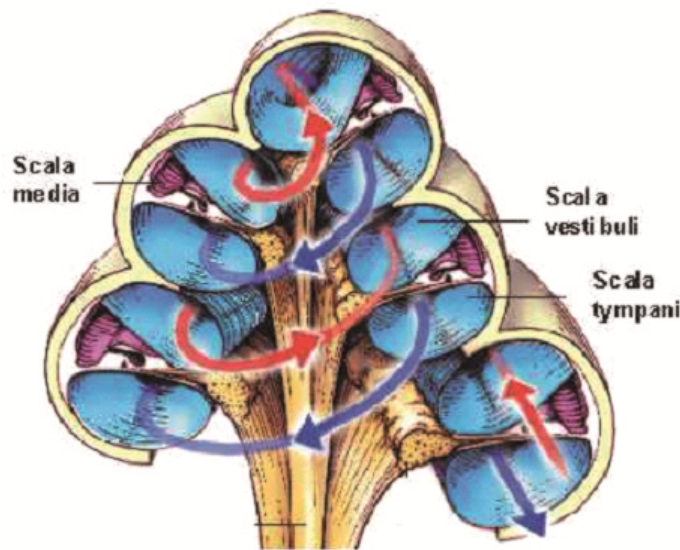


Abbildung 3: Aufbau der Cochlea und Schallverlauf

Die Cochlea ist ein schneckenartiges Organ, wobei sie in drei Kanäle aufgeteilt ist. Das sind die „Scala vestibuli“, die „Scala media“ und die „Scala tympani“. Als erstes tritt der Schall, nachdem er über das ovale Fenster von Körperschall in Flüssigschall gewandelt wurde, in die Scala vestibuli ein. Sie ist mit der Perilymphe gefüllt und der Schall wandert über sie als Medium einmal durch die gesamte Scala vestibuli bis in die Mitte der Cochlea. Dort geht die Scala vestibuli in die Scala tympani über. Dieser Punkt genau in der Mitte der Cochlea wird als „Helicotrema“ bezeichnet. Der Schall durchläuft die Scala tympani jetzt weiter aus dem Zentrum der Cochlea wieder zurück an das Ende. Die Scala tympani endet an einer Öffnung, die mit einer Membran überzogen ist. Diese Öffnung wird „rundes Fenster“ genannt. Diese Membran dient dem Druckausgleich, sie verhindert somit Reflexionen zurück in die Cochlea und stellt damit die Schwingfähigkeit der Perilymphe in der Cochlea und somit die Reizaufnahme sicher. Zwischen diesen beiden Kanälen befindet sich noch die Scala media. Die Scala me-

dia ist im Gegensatz zu den anderen beiden Kanälen nicht mit der Perilymphe gefüllt, sondern mit der sogenannten „Endolympe“. Sie ist durch die Reissnersche Membran von der Scala vestibuli getrennt. Zur Scala tympani ist sie durch die Basilarmembran getrennt. Auf dieser Basilarmembran sitzt das Cortische Organ. Es besteht aus bis zu 18.000 Sinneszellen, die aufgrund ihrer Form „Haarzellen“ genannt werden. Wenn die Haarzellen in Bewegung versetzt werden, dies geschieht durch Schwingung der Basilarmembran, lösen sie einen elektrischen Nervenimpuls aus, der über den direkt angeschlossenen Hörnerv zum Gehirn geleitet wird. Je nach Frequenz, werden andere Haarzellen in Schwingung gebracht. Die hohen Frequenzen werden vorn am ovalen Fenster lokalisiert und die Haarzellen, die die tiefen Frequenzen interpretieren, liegen weiter innen in der Cochlea. Diese Filterung nach der Frequenz geschieht durch die unterschiedliche Stärke der Basilarmembran, die die Cochlea umgibt.

Weiterhin gibt es im Innenohr noch die Bogengänge, die das Organ des Gleichgewichtssinnes darstellen. Auf diese wird im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht weiter eingegangen, da hier die auditive Wahrnehmung untersucht werden soll und nicht die vestibuläre.

1.3. Die kognitive Reizinterpretation von Hörereignissen

Der Begriff der Kognition wird nicht einheitlich verwendet und es gibt unterschiedliche Definitionen hierzu. Allgemein beschreibt die Definition von Tewes und Wildgrube sehr einfach:

„Kognition: Oberbegriff für die höheren geistigen Funktionen, insbesondere Denken, Wahrnehmung, Erkennen und Verstand“
Tewes, Uwe/ Wildgrube, Klaus: Psychologie-Lexikon, 1999, Oldenbourg Verlag

Die Kognition beschreibt also die Art und Weise, wie ein verhaltenssteuerndes System, also beim Menschen das Gehirn, Informationen aufnimmt, verarbeitet, interpretiert und speichert. Kognition ist also ein Begriff, der nicht nur bei Lebewesen verwendet wird, sondern auch in der Informationstechnik. In der kognitiven Informatik wird erforscht, wie ein Computer besser mit dem Menschen interagieren kann, oder auch wie er anhand von menschlichen Denkmustern selbst Handlungsentscheidungen trifft. Im Bereich der Robotik werden Maschinen produziert, die mit Hilfe von Kognition Aufgaben übernehmen können, die bis dahin nur vom Menschen erledigt

werden konnten. In der Robotik entstehen inzwischen komplexe Automaten, die scheinbar inzwischen wie Menschen teils rational und auch irrational handeln und Entscheidungen treffen, die nicht mehr auf einfache Algorithmen zurückführbar sind.

Die kognitive Reizinterpretation von Hörereignissen ist der Vorgang, der hauptsächlich im Gehirn stattfindet, aber bereits direkt nach der Aufnahme des akustischen Reizes beginnt. Dort wo der physiologische Prozess des Hörens beendet ist, und der Prozess der Weiterleitung und Verarbeitung von Nervenimpulsen beginnt, beginnt auch die kognitive auditive Reizverarbeitung. Dies ist an der Stelle der Fall, wo die sich bewegenden Haarzellen einen Nervenimpuls auslösen.

1.3.1. Die elektrophysiologische Codierung des Schalls

Die elektrophysiologische Codierung von akustischem Schall findet beim Hörvorgang des Menschen im Innenohr an den Haarzellen in der Cochlea statt. Alle Haarzellen zusammen, sowie Stützgewebe und Membranen wie die Tektorialmembran bilden das Cortische Organ, welches innerhalb der Cochlea sitzt. Aus der physischen Bewegung der Haarzellen, die der akustische Schall auslöst, wird in den Haarzellen ein elektrischer Impuls erzeugt, der über die Nervenzellen impulsartig weitergeleitet wird.

1.3.1.1. Die Codierung der Frequenzen

Bereits in der Cochlea wird der Schall einer Frequenzanalyse unterzogen. Die Eigenschaften des Gewebes innerhalb der Cochlea, der typische schneckenförmige Bau der Cochlea, sowie weitere Details führen zu einer Aufspaltung des akustischen Schalls in seine einzelnen Frequenzbereiche. In der Nähe des ovalen Fensters, also die Stelle an der der Schall vom Körperschall der Gehörknöchelchen in Flüssigschall der Perilymphe in der Cochlea gewandelt wird, ist die Basilarmembran am schmalsten. Dort reagiert sie somit sehr empfindlich auf hohe Frequenzen. In Richtung des Helicotremas wird diese Membran immer breiter und hat damit auch eine höhere Eigenmasse und auch eine größere Trägheit, weswegen sie nicht auf hohe Frequenzen anspricht, sondern auf die tiefen. Auch die äußere Form der Cochlea unterstützt eine solche Frequenzfilterung. Tiefe Frequenzen haben zu Beginn der Cochlea am ovalen Fenster eine geringere

Amplitude als im Zentrum, dem Helicotrema. Dieser Verstärkungseffekt wird durch die sich nach innen verengende Form der Scala vestibuli hervorgerufen. Es ist der gleiche Effekt, der Tsunamis entstehen lässt. Hier trifft eine Wasserwelle auf das Küstengebiet, was eine Verengung des Wasservolumens darstellt, wodurch die Amplitude der Welle verstärkt wird und so haushohe Wellen entstehen können.

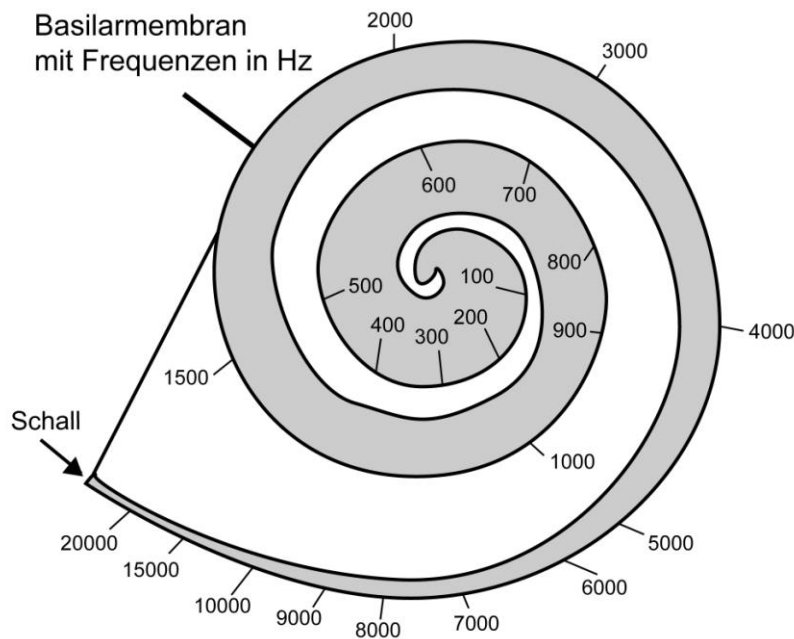


Abbildung 4: Lokalisierung der Frequenzen auf der Basilarmembran

Es gibt auf der Basilarmembran folglich für jede Frequenz einen Bereich, der am stärksten durch die Flüssigschallschwingung der Perilymphe ausgelöst wird. Die Haarzellen, die eingebettet im Cortischen Organ an der entsprechenden Stelle auf der Basilarmembran sitzen, sind die entsprechenden Rezeptoren für die jeweiligen Frequenzen.

Von den Haarzellen weg in Richtung Gehirn verlaufen Nervenfasern, sowie aber auch vom Gehirn in Richtung der Haarzellen. Nervenfasern, die vom Gehirn weg führen werden immer als efferente Nervenfasern bezeichnet, und die, die zum Gehirn hinführen als afferente. Aus dem Fakt, dass Nervenfasern Informationen vom Gehirn zu den Haarzellen hin leiten, lässt sich schließen, dass die Haarzellen nicht nur passiv den Reiz aufnehmen und weiterleiten, sondern dass die Reizaufnahme aktiv gesteuert wird. Die Haarzellen werden nach den inneren und den äußeren Haarzellen unterschieden.

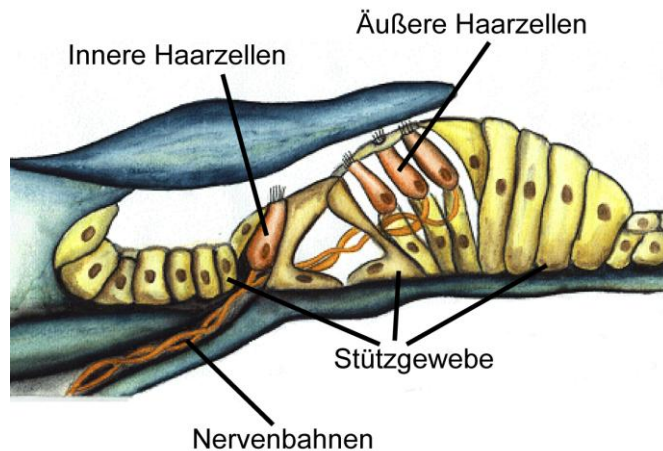


Abbildung 5: Anatomie des Cortischen Organs

Die voranstehende Abbildung zeigt das Cortische Organ im Querschnitt. In der Abbildung sieht man auch die einzelnen Haarzellen. Links die vereinzelte stellt die Reihe der inneren Haarzellen im Querschnitt dar, und die Gruppe rechts die V-förmig angeordneten äußeren Haarzellen. Die anderen Zellen, die sich um die Sinneszellen herum befinden, bilden das Stützgewebe. Die inneren Haarzellen sind mit den afferenten, also zum Gehirn hinleitenden Nervenbahnen verbunden. Die äußeren Haarzellen mit den efferenten, also denen, die vom Gehirn her kommen. Die inneren Haarzellen sind damit auch ausschließlich für die Reizaufnahme zuständig und die äußeren für die Beeinflussung der Reizaufnahme.

Von den äußeren Haarsinneszellen sind immer mehrere zusammen mit einem einzigen Neuron verbunden. Diese efferenten Neuronen an den äußeren Haarzellen, die zur Steuerung der Reizaufnahme vorhanden sind, sind auch mit den afferenten Neuronen der inneren Haarzellen verbunden. Eine Beeinflussung kann hier also direkt neuronal codiert werden. Das bedeutet die Informationen müssen nicht erst im Gehirn verarbeitet werden und dann wieder zu den äußeren Haarzellen zurückgeschickt werden, sondern Sie können direkt von den afferenten zu den efferenten übergeben werden.

Zur Steuerung der Reizaufnahme von Schall, werden Nervenimpulse direkt oder vom Gehirn aus zu den efferenten Neuronen an den äußeren Haarzellen geleitet. Durch diesen Impuls werden die äußeren Haarzellen aktiv gestaucht und gestreckt. Dies geschieht mit einer sehr hohen Frequenz. Mit Spezialmikrofonen kann dieser Schall im Innenohr auch gemessen werden. Es wird also ein physischer akustischer Schall vom Ohr selbst

erzeugt. Dieser Vorgang entspricht genau in Umkehrung dem Vorgang der Schallaufnahme und Wandlung in elektrische Impulse an den inneren Haarzellen. Diese aktiven Stauchungen und Streckungen der äußeren Haarzellen bewirken eine Amplitudenvergrößerung der Schallwellen an der entsprechenden Stelle des Cortischen Organs. Also da, wo sich die äußeren Haarzellen aktiv strecken und stauchen, wird die Amplitude des Flüssigschalls verstärkt. Die Frequenz, die an dieser Stelle des Cortischen Organs lokalisiert ist, wird also verstärkt wahrgenommen. Durch diese lokale Verstärkung werden auch die inneren Haarsinneszellen an dieser Stelle gereizt und nehmen diese Frequenz auch als lauter wahr. Auf diese Art und Weise wird eine weitere Empfindlichkeitssteigerung erreicht. Das Gehör kann sich somit auch an die unterschiedlichsten akustischen Umgebungen anpassen und trotzdem alles für ihn Wichtige wahrnehmen.

Wenn der Mensch beispielsweise ein unbekanntes Geräusch wahrnimmt, und er eine Gefahrensituation erkennt, werden die Frequenzbereiche, in denen das gehörte Geräusch liegt, verstärkt. Durch die direkte neuronale Codierung geht dieser Vorgang auch sehr schnell, fast zeitgleich wie das Geräusch vernommen wird.

Auch die inneren Haarsinneszellen filtern die Frequenzen noch einmal. Sie reagieren entsprechend ihrer Position auf der Cochlea heftiger, wenn die entsprechende Frequenz vernommen wird, als wenn andere Frequenzen auf sie treffen.

Der Mensch ist in der Lage etwa 3.000 verschiedene Tonhöhen zu differenzieren. Der hörbare Frequenzbereich von minimal 20 Hertz bis 20 Kilohertz entspricht etwa 10 Oktaven.

1.3.1.2. Die Codierung der Lautstärke

Die Intensität eines Reizes wird wie überall im Organismus über die Häufigkeit von weitergeleiteten Aktionspotentialen übertragen. Ein Aktionspotential ist eine vorübergehende, charakteristische Abweichung des Membranpotentials. Physikalisch bedeutet das die Differenz zwischen den elektrischen Potentialen der Membran-Innen- und Außenseite. Die Membranen sind dabei die Zellwände der einzelnen Neuronen, also der Nervenzellen, die speziell der Übertragung von informativen Reizen dienen. Durch die Häufigkeit mit der ein Aktionspotential also weitergeleitet wird, wird die Stärke eines Reizes übertragen.

Wird beispielsweise ein sehr leiser und sehr hoher Ton abgestrahlt und von einem Ohr aufgenommen, so werden die Haarzellen direkt am Anfang

der Cochlea am ovalen Fenster gereizt. Durch die geringe Lautstärke werden sie nur wenige Aktionspotentiale erzeugen und weiterleiten. Starke und hochfrequente Beschallung führt zu einer hohen Aktionspotentialrate. Um die Hörfähigkeit von Lautstärke charakterisieren zu können, muss an dieser Stelle der Begriff des Dynamikumfangs eingeführt werden. In erster Linie beschreibt er die Differenz der größten wahrnehmbaren Lautstärke und der kleinsten. Im Bezug auf das menschliche Gehör muss bei der Untersuchung des Dynamikumfangs aber auch die Wahrnehmbarkeit von Lautstärkeunterschieden beachtet werden. Der Dynamikumfang des menschlichen Gehörsinns lässt sich also nicht mit einem ableitenden Neuron pro Haarsinneszelle erklären. Da sonst hohe Lautstärken von den leisen kaum zu unterscheiden wären. Es wäre so nur die Tonhöhe feststellbar. Da ein leises genauso wie ein lautes Hörereignis ein Aktionspotential auslösen würde. Es muss also eine Möglichkeit geben für große Lautstärken auch Zugriff auf viele Aktionspotentiale zu haben.

Aus diesem Grund ist jede innere Haarsinneszelle mit 20 bis 40 Neuronen versehen. Diese afferenten Nervenfasern besitzen jeweils eine eigene spezifische Dynamikkurve. Also eine Kennlinie, auf der erkennbar ist, ab welcher Lautstärke sie Aktionspotentiale abgeben und wie viele. Einige dieser Fasern einer inneren Haarzelle reagieren schon bei sehr geringen Lautstärken mit einer hohen Aktionspotentialrate. Die anderen Fasern reagieren erst bei höheren Lautstärken. Erhöht man also kontinuierlich die Lautstärke eines Tones, so senden nach und nach immer mehr Neuronen Aktionspotentiale aus. Somit wird ein großer Dynamikumfang für das menschliche Gehör realisiert, und auch kleine unterscheidbare Lautstärken.

1.3.1.3. Die auditive Reizleitung ins Zentrale Nervensystem

Nachdem der akustische Sinnesreiz in einen elektronischen Nervenimpuls gewandelt wurde, beginnt der Transport dieser Informationen in das zentrale Nervensystem des Menschen, dem Gehirn. Die Haarzellen in der Cochlea sind dem Nervus cochlearis, dem Hörnerv, angeschlossen. Dieser leitet als Nervenstrang die codierten Informationen von der Reizaufnahme weiter in Richtung zentrales Nervensystem. Der Hörnerv bildet den VIII. Hirnnerv von den insgesamt 12 existierenden. Er endet im Hirnstamm. Durch die laterale Hemmung bei der Reizleitung über den Hörnerv in den Hirnstamm wird eine Verschärfung des Frequenzkontrastes bewirkt. Der Effekt der lateralen Hemmung ist ein komplexer neurobiologischer Vorgang, der im

gesamten Nervensystem angewendet wird, damit für die Reizverarbeitung die einzelnen Frequenzen deutlicher Unterschieden werden können und auch die Lautstärkeabstufungen.

Der Hörnerv endet zunächst im Nucleus cochlearis, dem Hörnervkern im Hirnstamm. Durch diese Stelle verlaufen auch die efferenten Hörbahnen, also die zum Ohr hin informationsleitenden Nervenfasern. Im Nucleus cochlearis wird die akustische Information zum ersten Mal bearbeitet. Zum Beispiel mit der sogenannten lateralen Inhibition. Das bedeutet, dass wenn eine innere Haarzelle von einem sehr lauten Ton angeregt wird, dann können auch benachbarte Haarzellen darauf ansprechen und einen Nervenimpuls senden. Im Nucleus cochlearis wird die Weiterleitung der fälschlicherweise ausgesendeten Impulse der benachbarten inneren Haarzellen unterdrückt. Dadurch wird wiederum die Frequenzunterscheidung unterstützt.

Vom Nucleus cochlearis ziehen die Nervenfasern in die obere Olive. Hier findet das Richtungshören statt. Die Informationen von beiden Ohren laufen hier zusammen und werden auf Laufzeitunterschiede verglichen. Wo der Schall als zuerst eintreffend lokalisiert wird, wird auch die Schallquelle geortet.

Danach laufen die Nervenfasern weiter zum Colliculus inferior. Hier wird das Richtungshören noch optimiert. Danach gelangen die Informationen in den Thalamus (Corpus geniculatum mediale), und von dort schließlich in die primäre Hörrinde, wo auch das Bewusstsein erreicht wird.

In der Hörrinde sind die Kerngebiete der beiden Hirnhälften miteinander verbunden. Sie enthält verschiedene Nervenzellen, die auf bestimmte komplexe Schallsignalmuster ansprechen. Diese Spezialisierung ist zum Teil angeboren, zum anderen Teil aber auch erlernt.

Komplexe Klänge, die aus vielen Frequenzen bestehen, werden wie oben beschrieben in ihre Einzelfrequenzen zerlegt. Diese Informationen werden erst in der Hörrinde wieder zusammengesetzt zu der Klangwahrnehmung, wie sie der Mensch dann bewusst erlebt. Die beiden Hörzentren der dominanten (linken) und der nicht dominanten (rechten) Hemisphäre (Hirnhälfte) arbeiten teilweise seitengetrennt. So wird Sprache hauptsächlich in der linken Hirnhälfte verarbeitet und Töne und Musik eher in der rechten. Die linke Hirnhälfte ist dabei dem rechten Ohr zugeordnet und umgekehrt. Sprache, die also hauptsächlich in das rechte Ohr gelangt, wird schneller und besser verarbeitet, als wenn sie hauptsächlich auf das linke Ohr trifft. Daher halten sich die Menschen Telefone in der Regel an das rechte Ohr, auch wenn sie Linkshänder sind. Für Musik gilt entsprechend das umgekehrte. Auf jeder Verarbeitungsebene im Gehirn bestehen aller-

dings Querverbindungen, somit können wir trotzdem Sprache vom linken Ohr und Musik vom rechten verstehen.

1.4. Die Wahrnehmungskette

1.4.1. Die Wahrnehmung

Allgemein beschreibt der Begriff „Wahrnehmung“ bei einem Lebewesen den Prozess der bewussten Aufnahme von Informationen über dessen Sinne. Es ist auch üblich, die aufgenommenen Informationen der Sinne als Wahrnehmung zu bezeichnen. Lebewesen sind in der Lage ihre Sinneswahrnehmung bewusst zu steigern. Dies geschieht durch Aufmerksamkeit.

Der Begriff der Wahrnehmung wird in den drei wissenschaftlichen Gebieten der Psychologie oder Physiologie, der Biologie und der Philosophie unterschiedlich definiert.

In der Psychologie und auch in der Physiologie stellt die Wahrnehmung den Prozess eines Organismus dar, der aus der Aufnahme, der Interpretation, der Auswahl und der Organisation sensorischer Informationen besteht. In diesen Wissenschaften werden aber nur diejenigen Sinnesreize berücksichtigt, die der Anpassung eines Lebewesens an seine Umwelt dienen oder deren Veränderung. Es werden also nur Sinnesreize betrachtet, die auch geistig verarbeitet werden. Wahrnehmung in der Psychologie und Physiologie stellt einen geistigen Prozess dar, also einen kognitiven.

In der Biologie beschränkt sich der Begriff der Wahrnehmung ausschließlich auf die Fähigkeit eines Organismus, Informationen aus der Umgebung als Reiz über die Sinnesorgane aufzunehmen und zu verarbeiten.

Im Bereich der Philosophie wird der Wahrnehmungsbegriff streng von der Kognition getrennt und unterschieden. Die Wahrnehmung bezeichnet die sinnlichen und subjektiven Abbilder der objektiven Realität.

1.4.2. Die Wahrnehmungskette

In der Psychologie und auch Physiologie ist das grundlegende Modell zur Erklärung der Wahrnehmung die Wahrnehmungskette. Sie besteht aus sechs Gliedern, die jeweils auf ihr nachfolgendes Einfluss ausüben. Sie stehen in einer festen Reihenfolge und die Kette ist in sich geschlossen. Das letzte Glied beeinflusst also wieder das erste.

Die sechs Glieder werden als Umwelt, Medium, Rezeptoren, Sinnesnerven, Sensorische Zentren, und Reaktion bezeichnet. In der nachfolgenden Abbildung ist diese Wahrnehmungskette schematisch dargestellt.

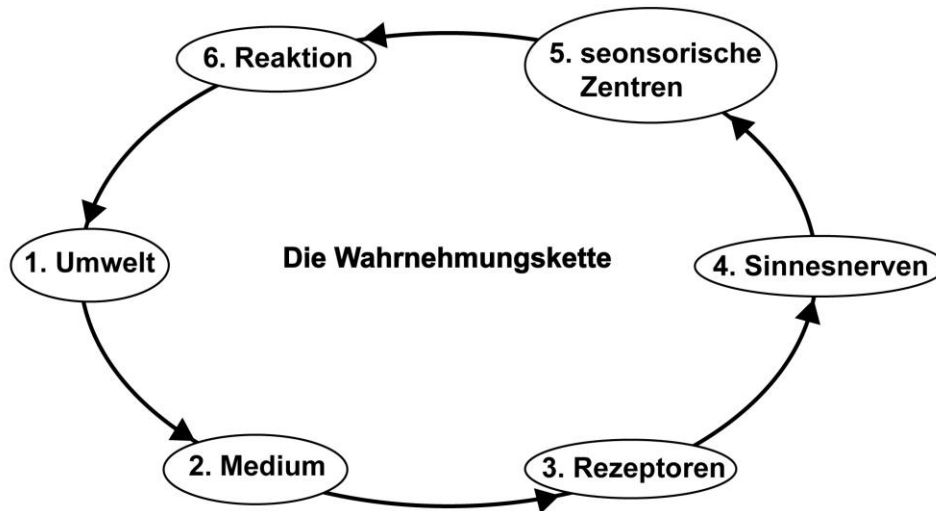


Abbildung 6: Das Modell der Wahrnehmungskette

Umwelt

Die Umwelt stellt hier alles dar, was sich physisch außerhalb des Lebewesens befindet und stattfindet. Das Lebewesen nimmt wahr, was in der Umwelt passiert, um jederzeit passend zu reagieren. Objekte und Kräfte aus der Umwelt sind also der wichtigste Ausgangspunkt für die Untersuchung der Wahrnehmungskette. Es gibt einige Sinneswahrnehmungen, die nach innen gerichtet sind und sich auf das Lebewesen selbst beziehen. Diese werden hier also nicht betrachtet.

Medium

Das Medium dient als Transportmittel bestimmter Eigenschaften aus der Umgebung zum Lebewesen hin. Medien sind physikalisch beschreibbare und auch messbare Größen. Im Bereich der auditiven Wahrnehmung ist das Medium der Schall, also die periodische Luftdruckschwankung. Die Informationen, die das Medium transportiert, werden auch als Signale bezeichnet. Ein Signal ist noch kein Reiz.

Rezeptoren

Die Rezeptoren sind die Sinneszellen des Körpers, die den Reiz aufnehmen können und sich auf ein bestimmtes Medium spezialisiert haben. Bei der auditiven Wahrnehmung sind das die Haarzellen. Wenn ein Medium ein Signal transportiert und dieses am Rezeptor des Sinnesorgans eine Reaktion auslöst, also das Aktionspotential, dann bezeichnet man dieses Signal als Reiz. Die einzelnen Rezeptoren sind in komplexe biologische Strukturen eingebettet. Dieses Gesamtgebilde ist das Sinnesorgan.

Sinnesnerven

Ein Sinnesnerv ist eine faserartige neuronale Struktur, die die Reize vom Sinnesorgan an die sensorischen Zentren des Gehirns weiterleiten. Diese werden dort verarbeitet. Auch eine Zusammenführung unterschiedlicher Reizarten geschieht im Gehirn.

Sensorische Zentren

Ein sensorisches Zentrum ist der Bereich in der Großhirnrinde, in den die Sinnesnerven von einem Sinnesorgan kommend enden. Diese Zentren sind mit den anderen sensorischen Zentren verbunden, wodurch die Interaktion mit den anderen Sinnen realisiert wird. Das sensorische Zentrum ist auch mit weiteren Hirnarealen verbunden, sodass die Reize bewusst werden können. Dieser Schritt wird auch als Kognition bezeichnet. Prozesse wie Erinnern, Kombinieren, Erkennen, Assoziieren und Urteilen sind darin einzuordnen. Sie bilden auch die Grundlage für den nächsten Schritt in der Wahrnehmungskette.

Reaktion

Das abschließende Ergebnis der Wahrnehmung ist die Reaktion des Lebewesens auf den Reiz, die Handlung innerhalb seiner Umwelt. Die Reaktion gehört deswegen mit zur Wahrnehmungskette, da sie die Umgebung des Lebewesens verändert, was wiederum veränderte Signale des Mediums bewirkt. Dies setzt die Wahrnehmungskette erneut in Gang.

Der Prozess der Wahrnehmung verläuft veridikal, das heißt zwischen jedem Schritt in diesem Prozess besteht ein kausaler Zusammenhang. Ist ein Glied innerhalb dieser Wahrnehmungskette gestört, kann es zu Widersprüchen zwischen dem Reiz und der kognitiven Wahrnehmung kommen. Wenn so eine Störung eines Gliedes der Wahrnehmungskette vorliegt, spricht man allgemein von einer Wahrnehmungsstörung. Treten Widersprüche zwischen dem Reiz und der Wahrnehmung auf, obwohl die Wahr-

nehmungskette störungsfrei arbeitet, spricht man von Wahrnehmungstäuschungen.

1.5. Störungen der auditiven Wahrnehmung

Wie bereits im vorigen Abschnitt erläutert, muss man bei den Wahrnehmungsstörungen zwischen den Störungen und den Täuschungen unterscheiden. Eine Wahrnehmungsstörung wird durch eine Fehlfunktion eines Teiles des Wahrnehmungsapparates hervorgerufen. Täuschungen treten in der Regel bei allen gesunden Lebewesen gleichermaßen auf und haben andere Ursachen. Meistens sind das natürliche physiologische Funktionen, die einem bestimmten Zweck dienen, die bei allen Reizen auch wie gewohnt arbeiten, bestimmte Reize sind dann aber nicht für diese Funktionen geeignet und werden somit falsch interpretiert.

1.5.1. Auditive Wahrnehmungsstörungen

Der Begriff der auditiven Wahrnehmungsstörung ist nur unscharf definiert. Sie wird heute auch als „zentrale auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung“ bezeichnet. Eine Störung der auditiven Wahrnehmung äußert sich in der Regel bei den kommunikativen Funktionen, also der Lautsprache, der Schriftsprache, aber auch bei der Umsetzung von Reaktionen auf auditiv aufgenommene Reize. Sehr häufig treten aber auch mentale Entwicklungsstörungen auf, wie zum Beispiel Intelligenzminderung, Lernstörungen oder Aufmerksamkeitsstörungen.

Ursachen für auditive Wahrnehmungsstörungen können zum Beispiel Schädigungen durch Alkohol, tuberkulöse Hirnsklerose oder Virusinfektionen sein. In der gesamten Wahrnehmungskette kann also eine Störung vorliegen. Das Ohr selbst als Sinnesorgan kann geschädigt sein oder auch die Hörzentren des Gehirns. Auch die Reizleitung kann funktionsgestört sein.

Als Leitsymptome können folgende genannt werden: verminderte Merkfähigkeit auditiv vermittelter Informationen, auffälliges und häufiges Verwechseln von Lauten mit ähnlichem Klang in Laut- und Schriftsprache, übersteigerte Lautempfindlichkeit bei normaler Umgebungslautstärke, vermindertes Sprachverständnis bei normaler Umgebungslautstärke, reduzier-

te Aufmerksamkeit bei normaler Umgebungslautstärke, eingeschränkte Fähigkeit zur Lokalisation von Schallquellen.

1.5.2. Akustische Täuschungen

Akustische Täuschungen sind nützlich für die Erforschung der Psychoakustik. Wenn die Ursachen für die Fehlinterpretationen von akustischen Informationen gefunden werden, können dann auch Rückschlüsse auf die normale Funktionsweise des Gehörs, der Reizweiterleitung und des Hörzentrums im Gehirn getroffen werden.

Der Mensch hört seine Umwelt im Bewusstsein anders, als sie in Realität ist. Das liegt daran, dass bei jeder Stelle, die die Information im auditiven Wahrnehmungsapparat passiert, der Schall und später die neuronalen Reize beeinflusst und dadurch verändert werden. Schon im Innenohr laufen Prozesse ab, die die eingehenden Informationen verstärken oder andere wegfiltern. Diese Prozesse sind aber notwendig, da sie der Frequenztrennung dienen, die der Mensch ja braucht, damit er überhaupt in der Lage ist, am Ende eine komplexe auditive Wahrnehmung zu erhalten. Auch im Gehirn kommt es zu weiteren Deutungen des Gehörten. Unser Gehirn vergleicht alle Klangmuster mit bereits erlernten. Dabei kann es zu Konflikten kommen und eine Täuschung entstehen.

Nachfolgend werden bestimmte Effekte von akustischen Täuschungen beschrieben.

Verdeckung

Dieser Effekt der menschlichen auditiven Wahrnehmung wird auch als Maskierung bezeichnet. Vereinfacht beschrieben äußert sich dieser Effekt, wenn zwei benachbarte Frequenzen auftreten, bei denen die eine lauter ist als die andere. Dann wird nur die lautere von beiden vom Menschen wahrgenommen und die leisere gar nicht oder vermindert, obwohl sie physikalisch vorhanden ist. Je lauter dabei ein Ton ist, umso mehr benachbarte Frequenzen verdeckt er. Der Effekt der Verdeckung wird weiter unten im zweiten Abschnitt im Kapitel „2.2. Psychoakustische Phänomene und Fähigkeiten“ näher betrachtet, da diese akustische Täuschung im Aufbau des Innenohres begründet liegt.

Dieser Effekt wird bei der Datenkomprimierung von akustischen Informationen ausgenutzt. So nutzt das Dateiformat „MP3“ den Verdeckungseffekt aus, um Daten einzusparen. Nicht wahrnehmbare Frequenzen werden dabei aus der Datei einfach heraus gelöscht.

Shepard-Skala

Die Shepard-Skala wurde nach dem Psychologen Roger Shepard benannt, der sie 1964 erstmals vorgestellt hat. Bei dieser Skala handelt es sich um die Illusion einer unendlich ansteigenden oder abfallenden Tonleiter. Dieser Effekt entsteht, wenn nacheinander unterschiedliche und in ihrer Frequenz ansteigende oder abfallende Sinustöne abgespielt werden. Dabei steigt oder fällt die Frequenz stetig an oder ab. Außerdem schwillt die Lautstärke jedes einzelnen Tones ab. Der Versatz des ersten und des letzten Tones muss genau eine Oktave betragen. Der letzte Ton der ansteigenden Skala fungiert dabei als Oberton des ersten, somit entsteht die Illusion eines unendlichen Frequenzanstieges.

Das Äquivalent dieser Täuschung in der Optik wäre die sogenannte „endlose Treppe“ von M. C. Escher. In der nachfolgenden Abbildung ist diese Treppe dargestellt.

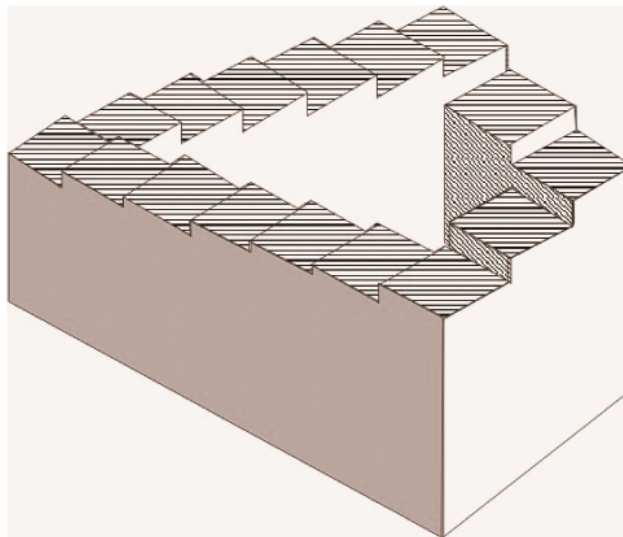


Abbildung 7: Optische Täuschung "Endlose Treppe" von M. C. Escher

Tritonus-Paradoxon

Diese akustische Täuschung wurde 1986 von der amerikanischen Musikpsychologin Diana Deutsch entdeckt. Hierbei werden zwei nacheinander erklingende Sinustöne in einem bestimmten Intervall abgespielt, dem Tritonus. Der Tritonus stellt genau ein Drittel einer Oktave dar, wobei eine Oktave eine Frequenzverdopplung ist. Verschiedene Hörer interpretieren dabei diese beiden Töne in unterschiedliche Richtungen, also entweder als abfal-

lend oder als ansteigend. Der Selbe Hörer nimmt dieses Tonpaar aber immer in der gleichen Richtung wahr. Die Ursachen für dieses Phänomen sind bis heute nicht endgültig geklärt. Es gibt jedoch bereits Hinweise darauf, dass die Sozialisierung und auch der Melodieverlauf der Muttersprache darauf einen wichtigen Einfluss haben.

Phantomschallquellen

Treffen zwei identische Schallsignale aus zwei verschiedenen Quellen auf den Menschen, dann interpretiert er das Signal als von einer Schallquelle aus einer bestimmten Richtung kommend. Die wahrgenommene Schallquelle befindet sich dabei an einem bestimmten Ort unabhängig von den beiden realen Schallquellen. Da der Mensch mit zwei Ohren hört, ist er in der Lage die Richtung zu bestimmen, aus der der Schall herkommt und mehr oder weniger genau die Entfernung der Schallquelle zu bestimmen. Diese Ortsbestimmung ist ein kognitiver Prozess und findet im Gehirn in der oberen Olive statt, wo erstmals die Informationen von beiden Ohren zusammentreffen. Hierfür werden die Laufzeitunterschiede des Schalls verglichen. In der Stereophonie wird diese Täuschung ausgenutzt, um Raum bei der Audiowiedergabe zu simulieren. Der Effekt der Phantomschallquellen wird weiter unten im Kapitel „2.2. Psychoakustische Phänomene und Fähigkeiten“ genauer untersucht.

Franssen-Effekt

Dieser Effekt beschreibt das Richtungshören des Menschen in besonders halligen Räumen. So besagt er, dass der Mensch in solchen Räumen nur dann die Richtung einer Schallquelle orten kann, wenn sich die Lautstärke oder der Klang des Schallsignals ändert. Ändern beide Eigenschaften sich nicht und die Schallquelle verändert ihre Position, wird dieser Ortswechsel nicht registriert. Auch zum Franssen-Effekt wird später im Kapitel „2.2. Effekte der kognitiven Signalverarbeitung“ genauer eingegangen.

McGurk-Effekt

Der McGurk-Effekt beschreibt die akustische Täuschung, die entsteht, wenn ein Mensch ein Schallsignal aufgrund von etwas zusätzlich visuell Wahrgenommenem fehlinterpretiert.

Der Entwicklungspsychologe Harry McGurk hat Mitte der 1970er Jahre diesen Effekt zufällig entdeckt, als er die Wahrnehmung von Kleinkindern untersuchte.

Beim klassischen Versuchsaufbau des McGurk-Effekts wird dem Probanden ein Video von einer Person vorgespielt, die die Silben „ga-ga“ aus-

spricht. Die Tonspur wurde jedoch ersetzt und die Silben „ba-ba“ sind von der zu sehenden Person gesprochen zu hören. Etwa 98 Prozent von erwachsenen Probanden geben an, die Silben „da-da“ gehört zu haben.

Dieser Effekt kommt dadurch zustande, dass das Gehirn alle Signale, die auf den Menschen eintreffen, verarbeitet, um die Umwelt schneller und effektiver zu verstehen. Somit werden speziell auch die optischen Informationen der Lippenbewegungen untersucht, um die Interpretation des Gehörten zu unterstützen.

Dieser Effekt ist also ein Resultat einer kognitiven Fehlleistung.

Tinnitus

Der Begriff Tinnitus bezeichnet ein vom Menschen wahrgenommenes Geräusch, das keine physikalische äußere Schallquelle besitzt und das auch nicht von anderen Personen wahrnehmbar ist. Der Tinnitus entsteht bei einer fälschlicherweise ausgelösten Reizleitung. Auslöser dafür können Fremdkörper im Gehörgang sein, Defekte des Trommelfells, Beeinträchtigungen der Cochlea, aber auch Erkrankungen des Gehirns.

1.6. Die Zusammenarbeit der Sinne

Sehen, Hören, Riechen, Schmecken und Tasten sind die fünf Sinneswahrnehmungen, die der Mensch verarbeiten kann. Die menschliche Wahrnehmung der realen Umgebung geschieht in einem komplexen System. Die einzelnen Sinneswahrnehmungen sind nicht von einander trennbar, denn sie sind ineinander integriert und arbeiten permanent zusammen. Es gibt zahlreiche Interaktionen zwischen den einzelnen Sinnen, die der gegenseitigen Unterstützung dienen, aber auch der gegenseitigen Korrektur.

Außerdem ist die Motorik auch nicht zu vergessen. Sie kann auch in die Untersuchung von Wahrnehmung komplett einbezogen werden und als Teil der menschlichen Wahrnehmung betrachtet werden, da jede Wahrnehmung auch eine motorische Reaktion auslöst. Diese motorische Reaktion dient auch der Wahrnehmungsverbesserung oder der Korrektur. Wenn eine Person beispielsweise ein Schild lesen will, davor steht jedoch ein Baum, dann wird sie ohne darüber nachzudenken einen Schritt zur Seite gehen. Es gibt auch motorische Reaktionen, denen sich der Mensch nicht bewusst wird. Wenn zu viel Licht in den Glaskörper und schließlich auf die Netzhaut des Auges fällt, verschließen die Muskeln der Iris sie etwas, so dass weniger einfällt.

Nachfolgend soll im Speziellen die Zusammenarbeit des auditiven und des visuellen Sinnessystems untersucht werden, da es sich hier um die schnellsten Wahrnehmungen handelt. Schmecken und Tasten sind die beiden sogenannten „Nahsinne“, da hierbei erst ein Reiz ausgelöst wird, wenn sich die Person direkt am Geschehen oder am Objekt befindet. Riechen ist wie Sehen und Hören ein sogenannter „Fernsinn“, jedoch läuft diese Wahrnehmung langsamer ab als die andern beiden. Dies ist einfach dem Fakt geschuldet, dass sich Gerüche im Gasgemisch Luft ausbreiten und nur mit verzögerter Geschwindigkeit bei der wahrnehmenden Person eintreffen. Sehen und Hören hingegen finden zwar auch leicht zeitverzögert statt, jedoch ist diese Verzögerung vernachlässigbar gering und differenziert so die Wahrnehmungsgeschwindigkeit zu den übrigen drei Sinnen aus.

Dazu kommt auch der Aspekt, dass in den modernen Medien diese beiden Sinne die am meisten vertretenen sind. Riechen, Schmecken und Tasten spielen eine nahezu nicht vorhandene Rolle beim Konsum von Medieninhalten. Daher ist es wichtig und reicht auch aus, zu untersuchen, wie die auditive und die visuelle Wahrnehmung miteinander kooperieren.

1.6.1. Die Zusammenarbeit von Hör- und Sehsinn

1.6.1.1. Kooperation beim Entdecken von Informationen

Für Untersuchungen zu diesem Thema wird meistens die Entdeckungsschwelle eines Reizes gemessen, während ein anderer Reiz mit nichtspezifischen Informationen auf den Probanden trifft. Die Entdeckungsschwelle besagt, dass die Person den Reiz überhaupt wahrnimmt. In welcher Qualität oder Quantität spielt dabei keine Rolle. Dieser Zusatzreiz wird dann variiert, um Aussagen treffen zu können. Eine entscheidende Rolle bei solchen Untersuchungen spielt die Intensität des zusätzlichen Reizes. Es wurde festgestellt, dass niedrige bis mittlere Intensitäten die Empfindlichkeit gegenüber dem zu untersuchenden Reiz erhöhen. Hohe Intensitäten diese aber wiederum herabsetzen. Außerdem haben auch der Zeitpunkt und die Dauer des Zusatzreizes einen großen Einfluss auf die Hauptwahrnehmung. Aus solchen Untersuchungen geht also hervor, dass auditive Signale eher entdeckt werden, wenn visuelle Reize etwa 0,4 Sekunden vorher dargestellt werden. Je länger sie jedoch gezeigt werden, umso geringer wird ihr fördernder Effekt der auditiven Aufnahmefähigkeit gegenüber.

Speziell in dem eben erwähnten Versuch wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten visuelle Reize in Form von Lampen, die mit einer bestimmten Dauer brannten, verwendet. Der Proband wurde diesem Zusatzreiz ausgesetzt und kurz danach bekam er leise Töne zu hören, die er wahrnehmen musste.

Die Mehrzahl der Untersuchungen aus diesem Bereich verdeutlicht, dass akustische Zusatzinformationen das Entdecken visueller Signale eher erleichtern als umgekehrt. Es ist aber auch zu beachten, dass akustische Zusatzsignale auch hinderlich für das Entdecken visueller Informationen sein können, nämlich wenn deren Intensität zu hoch wird. Bei gleichzeitiger optischer und akustischer Information reagieren die Probanden schneller als bei rein optischer Information. In der Regel wird den Probanden dabei aber gar nicht bewusst, dass überhaupt akustische Information vorhanden war. Diese wird dann also nicht erkannt.

1.6.1.2. Kooperation beim Lokalisieren

Der Mensch bekommt meist die Informationen von mehreren Sinnen über den Ort eines Objektes oder Ereignisses. Der sichtbare Ort der Schallentstehung stimmt dann mit dem hörbaren überein. Sowohl das visuelle als auch das auditive Wahrnehmungssystem informieren über den Ort. Hierbei kooperieren die beiden Sinne, indem sie übereinstimmende Informationen abgleichen und somit die Informationen verifizieren.

Der auditiv wahrgenommene Ort wird mit den Bildern von möglichen Schallquellen in der Umgebung der auditiv wahrgenommenen Schallquelle verglichen und dann der am nächst gelegenen zugeordnet. Bauchredner beispielsweise nutzen diese Funktionsweise der Wahrnehmung beim Zuschauer aus. Durch Zusammenziehen der Gaumenbögen, Zurückziehen der Zunge und Verengen des Kehlkopfeinganges vermindern sie die Resonanz im Rachenraum und der Schall scheint aus dem Bauch des Sprechenden zu kommen. Wenn dieser sich eine Puppe auf den Schoß setzt, sind die Zuschauer überzeugt, dass diese spricht, und nicht der Bauchredner. Das visuelle System identifiziert die Puppe als Schallquelle, da sie die nächstgelegene visuell erkennbare Schallquelle darstellt.

Das visuelle Wahrnehmungssystem wird daher zur Verifizierung des Ortes der Schallquelle genutzt und nicht das auditive, da die räumliche Auflösung des auditiven schlechter ist als die des visuellen. Das visuelle allein hingegen würde die Schallquelle nicht auf Anhieb finden und könnte letzt-

endlich auch nur vermuten, dass es eine Schallquelle ist, die in dem Moment auch Schall abgibt. Dazu kommt noch als Nachteil für das Lokalisationsvermögen des Gehörs, dass es in vertikaler Richtung und in Entfernungen schlechter funktioniert als in der horizontalen Richtung. Das Sehen funktioniert hingegen im gesamten dreidimensionalen Raum und in allen Entfernungen annähernd gleich gut.

Es ist also festzuhalten, dass eine auditive Zusatzinformation das visuelle Lokalisieren kaum beeinflusst. Hingegen wird das auditive Lokalisieren stark durch die visuelle Information gelenkt.

1.6.1.3. Kooperation beim Identifizieren

Zur Identifikation von Objekten kann das auditive Wahrnehmungssystem nur dann beitragen, wenn es in ein Ereignis eingebunden ist. Ereignisse werden hauptsächlich visuell und auch auditiv wahrgenommen. Sie können aber auch haptisch wahrgenommen werden oder gerochen werden. Soll der Mensch jedoch Objekte wahrnehmen, so geschieht das meistens visuell und haptisch.

Bei der Identifikation von Ereignissen reicht es auch meistens aus, wenn die Informationen von nur einer Sinneswahrnehmung vorliegen. Jedoch ist die Identifikation sicherer und eindeutiger, wenn die Informationen von mehreren Sinnen verglichen werden können.

Die Identifikation von Personen geschieht in erster Linie auditiv. Schon bevor Kinder auf die Welt kommen, nehmen sie im Bauch der Mutter ihre Stimme wahr. Die visuelle Wahrnehmung beginnt erst später, mit ihrer Geburt. Daher erkennen Kleinkinder ihre Mutter auch eher an ihrer Stimme als an dem Aussehen ihres Gesichtes.

Die Zusammenarbeit von Sehen und Hören bei der Identifikation von Sprache ist das meist untersuchte Gebiet im intermodalen Wahrnehmen. Wenn Menschen mit anderen sprechen, sehen sie nicht nur die Bewegung der Lippen, sondern zusätzlich auch die Gesichtsmimik und die Gestik. Diese unterstreichen die inhaltlichen Aussagen noch viel mehr, als die rein auditiven Informationen des Inhaltes, sowie die des Tonfalls. Jedoch reicht zum Verstehen die rein auditive Information von Sprache aus. Anders wären Kommunikationsmedien wie das Telefon oder das Radio nicht möglich. Auch wenn bei der Wahrnehmung von Sprache die rein auditiven Informationen für das Verständnis ausreichen, unterstützen sämtliche visuelle Informationen die Wahrnehmung stark.

1.6.2. Synästhesie

Bei der Synästhesie handelt es sich um ein Phänomen, bei dem unwillkürlich bei Wahrnehmung eines Reizes ein weiterer eines anderen Sinnes mit wahrgenommen wird. Zum Beispiel kann bei einem bestimmten gehörten Klang oder einem bestimmten gesehenen Objekt eine bestimmte Farbwahrnehmung ausgelöst werden. Die Richtung in der diese Auslösung verläuft, ist fix. Das heißt, dass der erste real wahrgenommene Reiz einen weiteren Reiz auslöst, aber nicht umgekehrt. In dem eben genannten Beispiel heißt das, dass die Wahrnehmung dieses bestimmten Klanges die Farbwahrnehmung auslöst. Die Farbwahrnehmung löst aber nicht die scheinbare Wahrnehmung dieses bestimmten Klanges aus.

Die Synästhesie ist keine Wahrnehmungsstörung, daher wurde sie auch nicht weiter oben im Kapitel „1.5. Störungen der auditiven Wahrnehmung“ erläutert. Das liegt darin begründet, dass die Synästhesie die eigentliche reale Sinneswahrnehmung nicht beeinträchtigt oder beeinflusst. Sie fügt lediglich eine weitere hinzu, die mehr oder weniger störend auf das Leben des Betroffenen einwirken können, jedoch nicht auf die eigentliche Wahrnehmung. Daher ist die Synästhesie eher als Störung der Kooperation mehrerer Sinne einzustufen.

In der deutschen Bevölkerung treten Synästhesien mit einer Wahrscheinlichkeit von 1:2.000 auf. Außerdem treten sie familiär gehäuft auf. Synästhesien können aber auch bei anderen Personen durch Halluzinogene wie LSD hervorgerufen werden. Diese sind aber nur kurzzeitig anhaltend.

Die Ursachen für natürlich auftretende Synästhesien sind noch unklar. Vermutet werden aber zusätzliche Nervenbahnen zwischen den verschiedenen Sinnesgebieten im Kortex des Gehirns. Bei Synästhetikern lassen sich Gehirnaktivitäten sowohl im Kortexareal des real einwirkenden Sinnesreizes, als auch im Kortexareal des mit empfundenen Reizes messen.

2. Die Psychoakustik des Menschen

Die Psychoakustik ist eine Wissenschaft, die einen Teil der menschlichen Wahrnehmung untersucht. Sie beschreibt konkret den Zusammenhang zwischen realen messbaren physikalischen Größen eines Schallereignisses und den wahrgenommenen Größen als Hörereignis. Hierbei können bestimmte Größen definiert werden und auch wertmäßig benannt werden. Somit grenzt sich das Gebiet der Psychoakustik nicht von der Untersuchung der menschlichen Wahrnehmung ab, sondern untersucht ein spezielles Teilgebiet genauer.

2.1. Psychoakustische Größen, Parameter und Kennlinien

Im folgenden Kapitel werden die physikalischen Kenngrößen definiert, erläutert und beschrieben, die in der Psychoakustik von großer Bedeutung sind. Dabei müssen Größen, Parameter und Kennlinien unterschieden werden. Größen stellen physikalische Eigenschaften eines Körpers oder Prozesses dar, deren Wert genau bestimmbar ist. Größen werden auch als Parameter bezeichnet, jedoch sind Größen erst welche, wenn sie sich auf genau einen bestimmten Zustand eines Objekts oder eines Prozesses beziehen und der näheren Beschreibung dienen. Kennlinien sind eine Sammlung von mehreren zusammengehörenden Werten von einer Größe. Diese Werte stehen in einem kausalen Zusammenhang und können wieder den Zustand eines Objekts oder Prozesses näher beschreiben. Sie bilden auch immer eine Abhängigkeit ab.

In den folgenden Kapiteln werden sowohl Größen, als auch bestimmte Parameter und Kennlinien beschrieben.

2.1.1. *Ruhehörschwelle, Schmerzschwelle und Hörfläche*

Das menschliche Gehör kann nur Schallereignisse wahrnehmen, die innerhalb eines bestimmten Frequenzbereiches liegen und auch innerhalb eines bestimmten Schalldruckpegelbereiches. Außerhalb dieser Bereiche werden keine Sinnesreize weiter ins Gehirn geleitet. Die Frequenz stellt im physika-

lischen Sinn die Geschwindigkeit der periodischen Luftdruckschwankung an einem bestimmten Ort dar. Der vom Menschen hörbare Bereich liegt hierbei zwischen 20 Hz und 20 kHz. Der hörbare Schalldruckpegelbereich ist nach oben hin offen und nur nach unten begrenzt. Ab einer gewissen oberen Grenze jedoch, wird kein reiner qualitativ hochwertiger Reiz mehr zum Gehirn geleitet, sondern dann auch zusätzlich ein Schmerzreiz. Die auditive Reizleitung kann dann auch aus verschiedenen Gründen vollständig aussetzen. Die untere Grenze beim Schalldruckpegel liegt bei 0 dB und entspricht einem Schalldruck von 20 μPa .

2.1.1.1. Die Ruhehörschwelle

Misst man für jede Frequenz des Hörbereichs den Schalldruck, der notwendig ist, dass ein gesunder Mensch ihn gerade noch hört, und stellt diesen mindestens notwendigen Schalldruckpegel in Abhängigkeit der Frequenz dar, so erhält man die sogenannte Ruhehörschwelle. Als Bedingung muss hierbei noch genannt werden, dass dieser mindestens notwendige Schalldruckpegel bei einer komplett stillen Umgebung gemessen werden muss. Eine komplett stille Umgebung ist jedoch ein Modell und in der Wirklichkeit nicht realisierbar, nur in Annäherung in den sogenannten schalltoten Räumen.

Bei der Ruhehörschwelle handelt es sich um eine Kennlinie, die die Höreigenschaft des Menschen näher charakterisiert. Außerdem befinden sich zwei Größen in Abhängigkeit zueinander, nämlich der minimal hörbare Schalldruckpegel ist abhängig von der Frequenz des Schalls. Diese Kennlinie verbindet also die Aussagen der beiden eben genannten Größen.

Außerdem besteht diese Kennlinie aus statistisch ermittelten Werten. Da jeder Mensch in einer anderen Qualität den Schall wahrnimmt und die auditive Wahrnehmungsfähigkeit von den verschiedensten Faktoren abhängig ist, reicht es nicht aus nur einen Probanden für diese Kennlinie zu untersuchen. Die bedeutendste Beeinträchtigung, die das Ohr betrifft und die auf jeden gesunden Menschen ausnahmslos wirkt, ist das Altern.

In der nachfolgenden Abbildung ist diese Ruhehörschwelle zu sehen. Sie ist als mindestens notwendiger Schalldruckpegel abgebildet, der gerade so vom Menschen wahrgenommen wird, in Abhängigkeit der Frequenz der örtlichen Schalldruckschwankung.

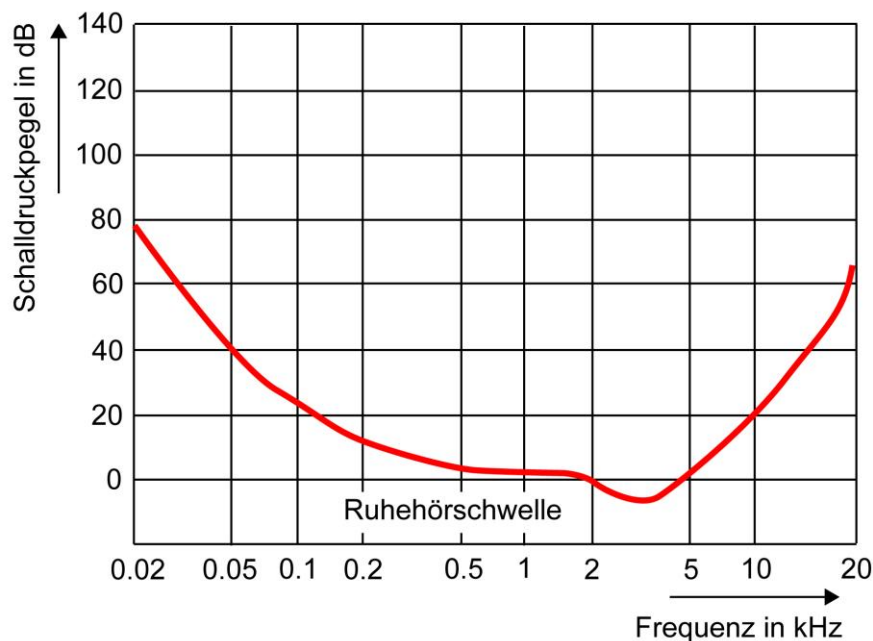


Abbildung 8: Die Ruhehörschwelle in Abhängigkeit der Frequenz

Bei der Ruhehörschwelle ist erkennbar, dass besonders die tiefen Frequenzen von 20 Hz bis 100 Hz schlechter wahrgenommen werden. Die Frequenzen ab 10 kHz werden ebenfalls nach oben hin vermindert wahrgenommen. Es ist also ein größerer Schalldruckpegel erforderlich um die genannten Frequenzen zu hören als die dazwischen liegenden von 100 Hz bis 10 kHz. Besonders im Bereich von 2 kHz bis 5 kHz ist eine erhöhte Wahrnehmbarkeit der Frequenzen zu erkennen. Das liegt darin begründet, dass der Mensch sich im Laufe der Evolution auf die Wahrnehmung der Sprache konditioniert hat und somit im Bereich der sogenannten „Mitten“ eine erhöhte Empfindlichkeit aufweist.

Bei der Analyse von männlichen und weiblichen Ruhehörschwellen kam die Erkenntnis auf, dass Frauen grundsätzlich ein empfindlicheres Gehör besitzen, als Männer. Frauen können also tatsächlich besser hören.

2.1.1.2. Die Schmerzschwelle

Wird für jede Frequenz des Hörbereichs derjenige Schalldruckpegel gemessen, bei dem der gesunde Mensch anfängt Schmerz zu spüren und dieser grafisch in Abhängigkeit der jeweiligen Frequenz dargestellt, so erhält man die sogenannte „Schmerzschwelle“. Zur Gewinnung dieser Werte muss sich der Mensch jedoch nicht unbedingt in einem schalltoten Raum befinden, solange der Schalldruckpegel gemessen wird, der tatsächlich auf das menschliche Ohr trifft.

Auch diese Kennlinie stellt eine Sammlung von statistisch ermittelten Werten dar. Da auch beim Übergang zum Schmerzempfinden jeder Mensch anders reagiert. Beim Einen geschieht das etwas eher und beim Anderen etwas später.

In der nachfolgenden Abbildung ist diese Schmerzschwelle dargestellt, in dem Gleichen Diagramm von Abbildung 8, da beide die Selbe Abhängigkeit zur Frequenz des Schalls aufweisen.

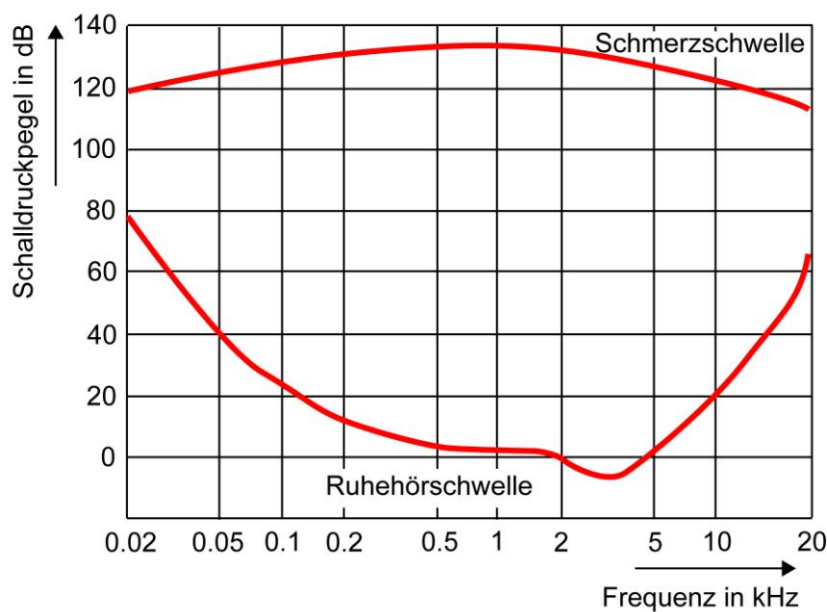


Abbildung 9: Die Schmerzschwelle in Abhängigkeit der Frequenz

Die Schmerzschwelle verläuft geradliniger als die Ruhehörschwelle. Das liegt einfach daran, dass ab einem allgemein hohen Schalldruckpegel, egal

in welchem Frequenzbereich, das Gehör Schmerzreize aussendet. Sonst wird es physisch zerstört, wenn keine Schutzreaktion ausgelöst wird, wie zum Beispiel die Ohren mit den Händen zuhalten. Wirkt auf den Menschen Schall mit Charakteristika oberhalb der Schmerzschwelle ein, ist mit dauerhafter Schädigung des Gehörs zu rechnen.

2.1.1.3. Die Hörfläche

Die Hörfläche bezeichnet im eigentlichen Sinne keine physikalische Größe mehr. Sie ist die Fläche im Diagramm zwischen der Schmerz- und der Ruhehörschwelle. Diese Fläche veranschaulicht die Menge aller Schallereignisse, die der Mensch wahrnehmen kann. Sie stellt auch die Abhängigkeit der Differenz des Schalldruckpegels der Schmerzschwelle zum Schalldruckpegel der Ruhehörschwelle in Abhängigkeit der Frequenz dar.

In der nachstehenden Abbildung ist die Hörfläche zwischen der Schmerz- und der Ruhehörschwelle gekennzeichnet.

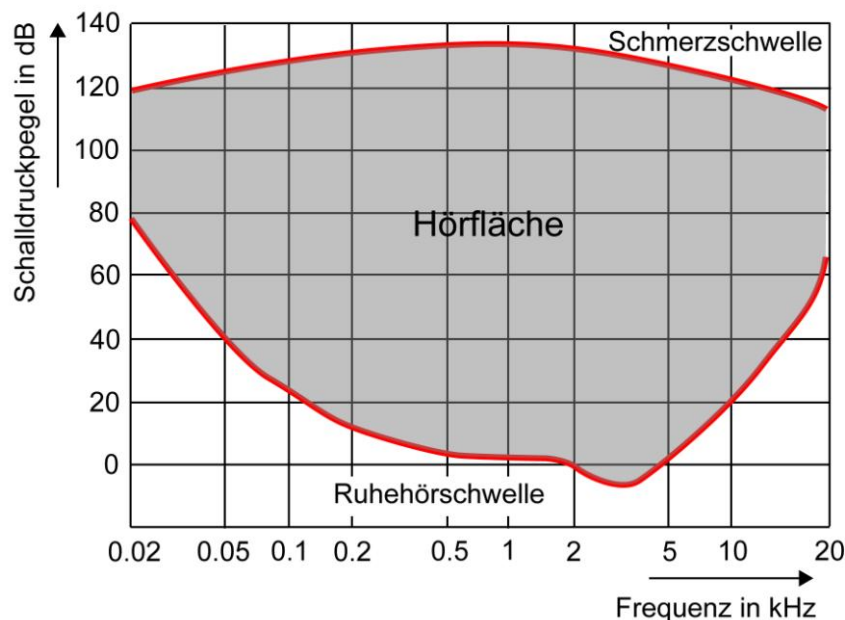


Abbildung 10: Die Hörfläche zwischen Schmerz- und Ruhehörschwelle

Die Werte des Schalldruckpegels der Ruhehörschwelle und der Schmerzschwelle haben einen Abstand von sechs Zehnerpotenzen. Der Schalldruck der Frequenzen der Schmerzschwelle ist damit etwa 1.000.000mal höher als der der Ruhehörschwelle. Der Mensch weist somit einen sehr großen Dynamikumfang auf. Der Dynamikumfang beschreibt den Abstand vom höchsten zum niedrigsten Schalldruckpegel.

2.1.2. Die Tonhöhe

Für den Begriff der Tonhöhe existieren viele unterschiedliche und teilweise inhaltlich stark abweichende Definitionen. Das American National Standards Institute definiert die Tonhöhe als eine Eigenschaft der menschlichen auditiven Wahrnehmung. Die Tonhöhe wird dabei auf einer Skala von „Hoch“ bis „Tief“ empfunden und kann dort eingeordnet werden. Die Tonhöhe hängt zum Großteil von der Frequenzzusammensetzung des Geräusches ab. Zum kleineren Teil hängt die Tonhöhenempfindung auch von der Lautstärke und der Wellenform ab.

Wird die Tonhöhe rein physikalisch definiert, dann entspricht sie der Frequenz, die ein reiner Sinuston aufweist. Klänge sind dann aus mehreren Tönen mit bestimmten Tonhöhen zusammengesetzt. Geräusche können dann eine bestimmte Tonhöhe oder auch mehrere besitzen, sofern sie Sinustöne enthalten.

Es gibt also Unterschiede zwischen der realen messbaren physikalischen Tonhöhe und der vom Menschen wahrgenommenen. Demzufolge können durchaus Unterschiede zwischen den Werten der realen Tonhöhe und der auditiv wahrgenommenen Tonhöhe bestehen.

Wie bereits des Öfteren erwähnt wurde, ist der Mensch in der Lage, Tonhöhen von 20 Hz bis 20 kHz wahrzunehmen. Mit zunehmendem Alter allerdings nimmt die Hörfähigkeit ab, sodass die untere Grenze des hörbaren Frequenzbereichs sich kontinuierlich nach oben verschiebt, und die obere entsprechend nach unten.

2.1.3. Die Tonhaltigkeit

Der Begriff der Tonhaltigkeit wird in Deutschland speziell durch die DIN 45681 definiert. Sie lautet wie folgt:

„Ein Geräusch ist tonhaltig, wenn es einen Ton enthält, dessen Pegel den Pegel der Geräuschanteile in der Frequenzgruppe um die Tonfrequenz ohne den Ton um weniger als 6 dB unterschreitet.“

DIN 45681, Ausgabe 2006-08, Akustik - Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen

Sie besagt, dass ein Geräusch tonhaltig ist, wenn es einen hörbaren Sinuston enthält. Das ist der Fall, wenn der Lautstärkepegel des Sinustones maximal 6 dB leiser ist als der Pegel der umgebenden Frequenzen.

Je höher die Tonhaltigkeit eines Geräusches ist, umso störender wirkt sie auf den Menschen. Meistens treten Einzeltöne in Geräuschen von periodisch arbeitenden Maschinen auf. Vor allem wenn eine anregende Frequenz, zum Beispiel die des arbeitenden Motors, gleich oder annähernd gleich der Eigenfrequenz eines bestimmten Bauteils ist. Dadurch kommt es zu Resonanzerscheinungen und damit zu verstärkter Schallabstrahlung dieser bestimmten Frequenz oder eines schmalen Frequenzbandes, das dann die Tonhaltigkeit des Geräusches darstellt.

2.1.4. Schalldruckpegel, Lautstärkepegel und Lautheit

Die Größe Lautstärkepegel ist eine rein physikalische Größe zur Beschreibung der Intensität einer Schalleinwirkung. Die Größe Lautheit beschreibt dagegen die vom Menschen wahrgenommene Intensität einer Schalleinwirkung.

2.1.4.1. Der Schalldruckpegel

Der Schalldruckpegel stellt in der Akustik die rein physikalisch messbare Größe für die Intensität des Schalls dar. Er misst die Amplitude eines Schallereignisses oder anders ausgedrückt, wie stark die einzelnen Luftmoleküle von ihrer Ruhelage ausgelenkt werden.

Der Schalldruckpegel wird in einem logarithmierten Verhältnis dargestellt. So wird er für den Menschen anschaulicher und plastischer und in der praktischen Anwendung auch einfacher darstellbar. Der Schalldruckpegel wird mit der Hilfsmaßeinheit Dezibel gekennzeichnet. Da er eine Verhältnisgröße ist, bezieht er sich immer auf einen bestimmten Wert. Der Be-

zugswert für Luftschall wurde Anfang des 20. Jahrhunderts mit $20\text{ }\mu\text{Pa}$ festgelegt. Dieser Schalldruck stellt die Hörschwelle des Menschen bei der Frequenz von 1 kHz dar.

2.1.4.2. Der Lautstärkepegel

Der Lautstärkepegel ist im Gegensatz zum Schalldruckpegel keine physikalische Größe, sondern dient vielmehr der Beschreibung, wie laut Schall vom Menschen wahrgenommen wird. Es ist ein Vergleichsmaß, welches eine Verbindung zwischen dem physikalisch messbaren Schalldruckpegel und der menschlichen Wahrnehmung schafft.

Der Lautstärkepegel beschreibt, welchen Schalldruckpegel ein Sinuston mit einer Frequenz von 1 kHz haben müsste, damit dieser Ton genauso laut empfunden wird, wie das betrachtete Hörereignis. Bei der Frequenz von 1 kHz stimmen also Schalldruckpegel und Lautstärkepegel überein. Der Lautstärkepegel wird in der Einheit „phon“ gemessen.

Für Sinustöne anderer Frequenzen oder komplexe Schallereignisse sind dagegen andere Schalldruckpegel erforderlich, um den gleichen Lautstärkeindruck zu erzielen. Die Lautstärkeempfindung ist von vielen Faktoren abhängig, wie der Bandbreite, dem Frequenzbereich und der Dauer der Einwirkung des Schallsignals. Welcher Schalldruckpegel für die einzelnen Frequenzen des Hörbereichs erforderlich ist, um den gleichen Lautstärkeindruck bei der Frequenz von 1 kHz zu erzielen, ist in den sogenannten „Isophonen“ oder auch „Kurven gleicher Lautstärke“ festgehalten.

2.1.4.3. Die Lautheit

Die Lautheit ist wie der Lautstärkepegel keine physikalische Größe. Sie dient ebenfalls der Beschreibung, wie laut Schall vom Menschen wahrgenommen wird. Ebenfalls wie der Lautstärkepegel ist die Lautheit eine statistische Größe und charakterisiert das Lautstärkeempfinden eines Schallereignisses bei einem durchschnittlichen und gesunden Menschen.

Die Lautheit wird in der Einheit „sone“ angegeben. Ein sone entspricht dem Lautstärkepegel von 40 phon. Ein Schallereignis weist die Lautheit von 1 sone auf, wenn es genauso laut wahrgenommen wird, wie ein

Sinuston mit der Frequenz von 1 kHz und dem Schalldruckpegel von 40 dB.

Wenn der Sinuston bei 1 kHz im Lautstärkepegel um 10 phon angehoben wird, so führt das zur Verdopplung der Lautheit. Diese Wirkungsweise gilt jedoch nur für mittlere und hohe Lautstärken ab 40 phon. Darunter reicht schon eine geringere Lautstärkeerhöhung als die Verdopplung, um eine empfundene doppelte Lautheit zu erhalten.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Zusammenhang zwischen dem Lautstärkepegel und der Lautheit dargestellt. Darin ist deutlich der Abfall des Lautstärkepegels zu den niedrigen Frequenzen hin erkennbar sowie der lineare Verlauf ab 40 phon.

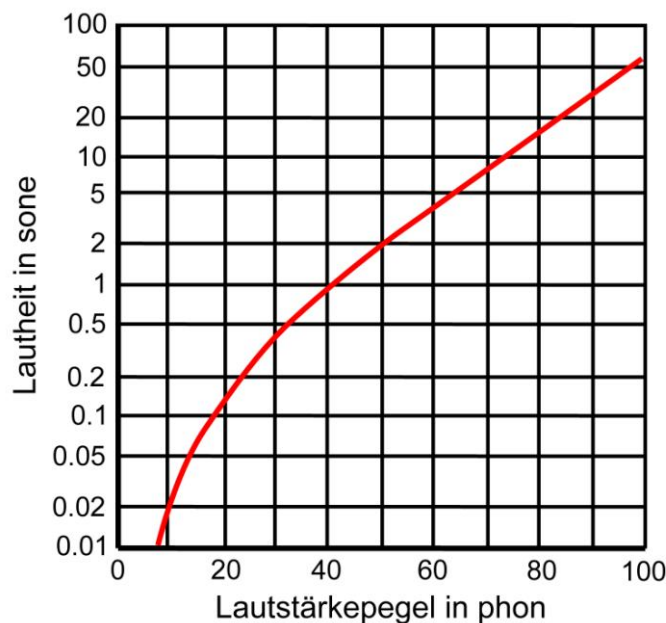


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Lautheit und Lautstärkepegel

Die Lautheit ist abhängig vom Schalldruckpegel, aber auch vom vorliegenden Frequenzspektrum und vom zeitlichen Verlauf des Schallereignisses. Umgekehrt beeinflusst die Lautheit die Wahrnehmung der spektralen Zusammensetzung des Schallereignisses und die Wahrnehmung dessen zeitlichen Verlaufs. Die Lautheitsempfindung wird durch die Art und Weise der Schallverarbeitung im Innenohr, aber auch durch die Reizverarbeitung im Gehirn und in den hinleitenden Nervensträngen beeinflusst.

2.1.5. Die Isophone

Die Isophone, oder auch „Kurven gleicher Lautstärke“, beschreiben analog zur Ruheshörschwelle, wie der Mensch die Lautstärke der einzelnen Frequenzen im Vergleich zu einem Sinuston mit der Frequenz 1 kHz mit einem bestimmten Vergleichsschalldruck bewertet.

Genauso wie die Ruheshörschwelle und die Schmerzschwelle sind die Kurven gleicher Lautstärke statistisch ermittelte Kennlinien des menschlichen Gehörs.

In der folgenden Abbildung sind die Kurven gleicher Lautstärke für die Vergleichslautstärkepegel von 3 phon, 20 phon, 40 phon, 60 phon, 80 phon und 100 phon bei der Frequenz von 1 kHz dargestellt.

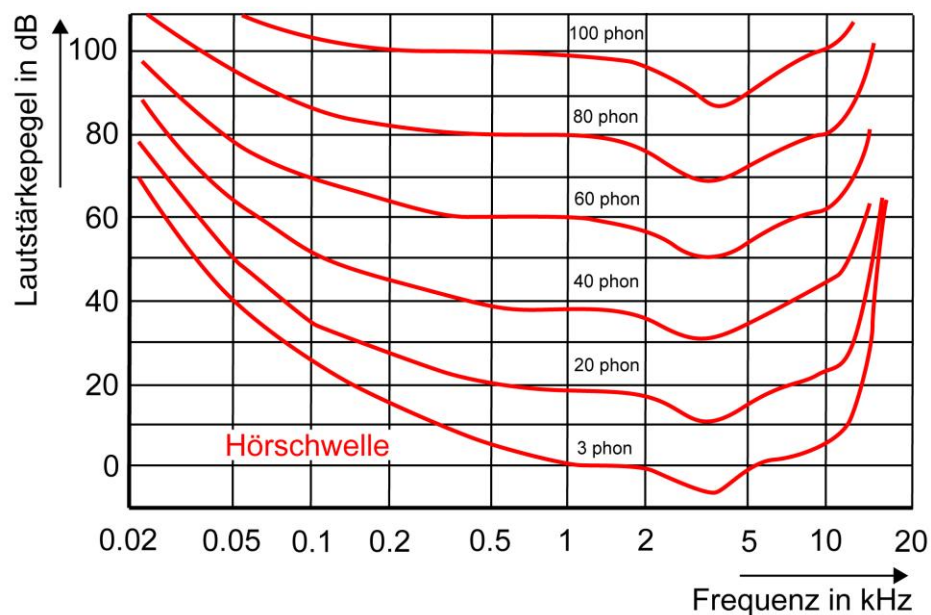


Abbildung 12: Isophone bei 3, 20, 40, 60, 80 und 100 phon

Die unterste Kennlinie in der Abbildung, die die Kurve gleicher Lautstärke für den 1 kHz Sinuston mit etwa 0 dB darstellt, entspricht der Hörschwelle, da bei 0 dB die Grenze zum Hörbaren liegt. Somit verläuft diese unterste Linie analog zur Ruheshörschwelle. Auch der Abfall zwischen 2 kHz und 5 kHz ist auffällig. Die anderen Kurven gleicher Lautstärke ähneln weiterhin

dieser Ruhehörschwelle, jedoch werden sie zunehmend, wenn auch nur minimal, linearer.

2.1.6. Dynamikumfang und Lautstärkeänderung

2.1.6.1. Der Dynamikumfang

Der Dynamikumfang des Menschen beschreibt in der Psychoakustik den Abstand zwischen dem größtmöglich wahrnehmbaren Schalldruckpegel und dem niedrigsten. Das entspricht dem Abstand zwischen der Schmerzschwelle und der Ruhehörschwelle, also der Hörfläche. Der Dynamikumfang des Menschen ist die Differenz aus dem größten wahrnehmbaren Schalldruckpegel und dem kleinsten. Dieser ist eine statistisch ermittelte Kenngröße des menschlichen Gehörs, da er unmittelbar von der Schmerz- und Hörschwelle abhängt.

Der Dynamikumfang eines Schallereignisses beschreibt ebenfalls die Differenz aus dem größten Schalldruckpegel über dem gesamten Zeitraum, die das Schallereignis auftritt, und zum kleinsten. Hier kann der Dynamikumfang jedoch von Schallereignis zu Schallereignis unterschiedliche Werte annehmen. Beim Dynamikumfang des Menschen wird jedoch von einem einheitlichen Wert ausgegangen, der den durchschnittlichen und gesunden Menschen charakterisiert.

2.1.6.2. Eben wahrnehmbare Lautstärkeänderungen

Die eben wahrnehmbare Lautstärkeänderung beschreibt, wie groß die Änderung des Schalldruckpegels eines Tones, Klanges oder Geräusches sein muss, damit der Mensch diese Lautstärkeänderung wahrnehmen kann. Diese Pegeldifferenzen hängen zum Einen von der Frequenz als auch vom vorhandenen Schalldruckpegel ab.

In der folgenden Abbildung ist dargestellt, wie die eben wahrnehmbaren Lautstärkeänderungen eines Sinustones mit der Frequenz von 1 kHz mit zunehmendem Schalldruckpegel verläuft.

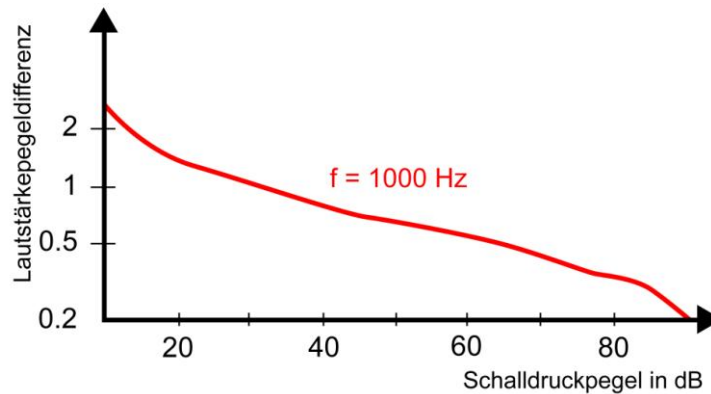


Abbildung 13: Eben wahrnehmbare Lautstärkeänderung in Abhängigkeit des Schalldruckpegels

Mit steigendem Grundlautstärkepegel sinkt die wahrnehmbare Lautstärkeänderung. Je lauter ein Ton also wird, umso kleiner muss die Lautstärkeänderung sein, um vom Menschen noch wahrgenommen zu werden.

2.1.7. Die Schärfe

Die Schärfe eines Geräusches oder auch Klanges beschreibt die Klangfarbe dessen näher. Die Schärfe wird charakterisiert, indem die Umhüllende des Spektrums des Geräusches oder Klanges untersucht wird. Dabei ist es egal, ob das Spektrum kontinuierlich aufgebaut ist, also keine Unterbrechungen aufweist, oder ob das Spektrum aus diskreten Abschnitten besteht, also aus mehreren Frequenzbereichen, dessen Grenzen wertemäßig genau bestimmt werden können. Die Schärfe eines Schallereignisses ist umso höher, je mehr hohe Frequenzen im Schallereignis enthalten sind.

Die Schärfe besitzt die Einheit „acum“. Ein acum ist definiert als die Schärfe, die ein schmalbandiges Rauschen mit der Mittenfrequenz von 1 kHz und einem Schalldruckpegel von 60 dB besitzt.

2.1.8. Schwebung und Rauigkeit

Die Schwebung und die Rauigkeit sind psychoakustische Empfindungsgrößen, die veränderte akustische Wahrnehmung von Schallereignissen beim Menschen beschreiben, wenn sich Töne mit mehr oder weniger benachbarten Frequenzen überlagern. Eine solche Überlagerung kann als Modulation bezeichnet werden. Der Begriff „Modulation“ wird üblicherweise in der Nachrichtentechnik für die Verfahren der Signalübertragung verwendet. Im eigentlichen physikalischen Sinne beschreibt er jedoch lediglich die Überlagerung zweier Frequenzen, wobei die eine mehr oder weniger kleiner ist als die andere.

2.1.8.1. Die Schwebung

Eine Schwebung ist die vom Menschen wahrnehmbare periodische Lautstärkeschwankung, die auftritt, wenn sich zwei Töne mit nahe beieinander liegenden Frequenzen überlagern. Durch die ähnlichen Frequenzen kommt es zu periodischen Auslöschungen und Verstärkungen. Diese sind als periodische Lautstärkeschwankung zu hören mit der Frequenz, die der Differenz der beiden sich überlagernden Frequenzen entspricht.

Überschreitet die Differenz beider Frequenzen jedoch den Wert von 15 Hz, tritt der Wahrnehmungseffekt der Schwebung nicht mehr auf, und er geht in einen anderen über, nämlich den der Rauigkeit. Überschreitet die Frequenz die sogenannte „kritische Bandbreite“, sind beide Frequenzen als Einzeltöne wahrnehmbar. Die kritische Bandbreite ist von der Mittenfrequenz der beiden sich überlagernden Töne abhängig. Vereinfachend kann gesagt werden, dass die Bandbreite etwa 20 Prozent der Mittenfrequenz entspricht.

In der folgenden Abbildung ist eine Schwebung dargestellt. Es ist die schwankende Amplitude der resultierenden Frequenz zu sehen, in Abhängigkeit der Zeit.

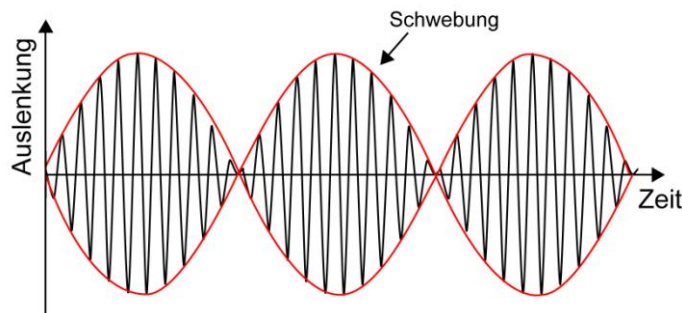


Abbildung 14: Skizze einer Schwebung

2.1.8.2. Die Rauigkeit

Die Rauigkeit eines Klanges oder Geräusches tritt auf, wenn sich zwei Töne mit ähnlichen Frequenzen überlagern, deren Differenz jedoch größer ist als 15 Hz und kleiner als die kritische Bandbreite, die bereits oben im Kapitel „2.1.8.1. Die Schwebung“ erwähnt wurde.

Besonders häufig tritt die Rauigkeit bei amplituden- oder frequenzmodulierten Schallsignalen auf, aber auch bei natürlichen Geräuschen wie dem Brummen eines fliegenden Käfers.

Die Einheit der Rauigkeit ist „asper“. Ein asper ist als die Rauigkeit definiert, die ein Ton mit der Frequenz von 1 kHz und einem Schalldruckpegel von 60 dB, der von einem Ton mit der Frequenz von 70 Hz und dem gleichen Schalldruckpegel überlagert ist.

Die Rauigkeit ist zum Großteil von den Frequenzen der beiden Töne abhängig und auch von der Schalldruckpegeldifferenz. Ab der sogenannten „kritischen Bandbreite“ findet keine Wahrnehmung von Rauigkeit mehr statt, sondern der Mensch ist dann in der Lage, die zwei Töne getrennt wahrzunehmen. Die kritische Bandbreite stellt in etwa den Abstand zwischen den beiden Tönen dar. Sie ist abhängig von der Mittenfrequenz und somit kann auch kein genauer Wert angegeben werden, ab wann ein Mensch die Töne getrennt wahrnimmt.

In der folgenden Abbildung sind die Bereiche abgebildet, in denen Schwebung, Rauigkeit und zwei getrennt voneinander wahrnehmbare Töne auftreten. Die Darstellung zeigt die Abhängigkeit von der Modulationsfrequenz zur Trägerfrequenz. Die Trägerfrequenz ist dabei die Frequenz mit dem größeren Wert bei der Überlagerung zweier Frequenzen und die Modulationsfrequenz die mit dem kleineren Wert.

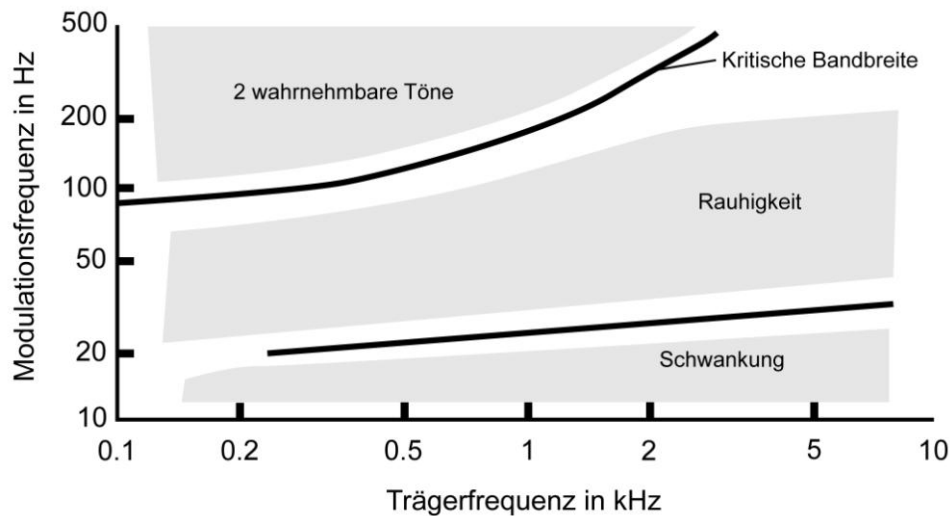


Abbildung 15: Bereich der Schwankung, Rauigkeit und 2 wahrnehmbarer Töne in Abhängigkeit der Trägerfrequenz

2.1.9. Die Impulshaltigkeit

Die Impulshaltigkeit beschreibt wie stark und wie schnell sich der Schalldruckpegel innerhalb eines Schallereignisses ändert. Die Impulshaltigkeit liegt nur dann vor, wenn sich der Schalldruckpegel innerhalb von sehr kurzen Zeiten stark ändert. Ob diese Änderungen periodisch oder nichtperiodisch vorliegen, ist dabei egal.

Eine hohe Impulshaltigkeit wirkt auf den Menschen besonders störend und kann auch in besonders großem Ausmaß das Gehör schädigen. Demzufolge dient diese Größe besonders zur Lärmbeurteilung und auch der Lärmbekämpfung.

2.2. Psychoakustische Phänomene und Fähigkeiten

Die im Folgenden erläuterten Phänomene und Fähigkeiten des menschlichen Gehörs liegen zum Einen in der Physiologie des Gehörs und zum Anderen in der kognitiven Verarbeitung der auditiven Nervenreize begründet. Diese Phänomene treten bei jedem gesunden Menschen auf und stellen somit keine Funktionsstörungen dar.

2.2.1. Binaurales Hören

Das binaurale Hören ist die Fähigkeit des Menschen, die Informationen von den zwei Ohren zu verarbeiten und auszuwerten. Der Mensch kann somit die Richtung, in der sich eine Schallquelle befindet, orten. Da sich die beiden Ohren jedoch in einer Höhe in horizontaler Ebene am Kopf befinden, ist der Mensch eher in der Lage in der Selben Ebene zu lokalisieren als in der vertikalen. Analog zum Sehsinn ist der Mensch so in der Lage sich eine räumliche Vorstellung seiner Umgebung zu schaffen. Auch hierbei arbeiten die Augen stark mit den Ohren zusammen.

2.2.1.1. Lokalisation in der horizontalen Ebene

In der horizontalen Ebene kann der Mensch über sein Hörorgan am besten die Schallquelle lokalisieren. Das liegt daran, dass seine beiden Ohren ebenfalls in dieser Ebene angeordnet sind und er somit eine Vergleichs- oder Bezugsebene hat. Die Informationen von beiden Ohren werden in das Gehirn geleitet und dort ausgewertet und verglichen. Anhand der Unterschiede der Informationen beider Ohren können Rückschlüsse auf den Ort der Schallquelle gezogen werden. Als Vergleichsgrößen werden dafür vor allem Laufzeitunterschiede und Lautstärkepegelunterschiede ausgewertet.

2.2.1.2. Lokalisation durch Laufzeitunterschiede

Die Laufzeitunterschiede sind für den Hörsinn der wichtigste Anhaltspunkt für die Ortung einer Schallquelle. Aufgrund der Lage der Ohren an beiden Seiten des Kopfes kommt es bei Schall, der direkt von vorn, also in einem Winkel von 0° auf die Ohren trifft, oder von hinten, also in einem Winkel von 180° , zu keinen Laufzeitunterschieden. Der Schall muss zu beiden Ohren den gleichen Weg zurücklegen und aufgrund der Schallgeschwindigkeit, die an diesem Ort in jedem Fall identisch ist, kommt es somit zu keinen Laufzeitunterschieden.

Ein Schallereignis dagegen, dass direkt von der Seite auf den Kopf trifft, also von links mit einem Winkel von 270° oder von rechts, also mit einem Winkel von 90° , kommt es somit zu den größten Laufzeitunterschieden.

den. In diesem Fall hat der Schall zum gegenüberliegenden Ohr einen längeren Weg als zu dem Ohr, auf dessen Seite das Schallereignis sich befindet. Die Schallgeschwindigkeit ist aufgrund des engen örtlichen Raumes wieder identisch.

In der folgenden Abbildung ist zu sehen, wie sich die Laufzeitunterschiede in Abhängigkeit des Winkels, mit dem der Schall auf den Kopf trifft, verändern.

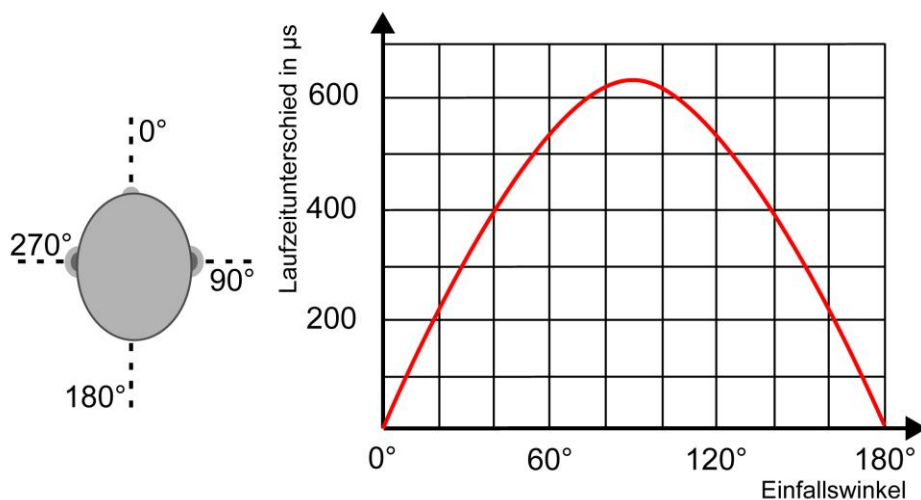


Abbildung 16: Laufzeitunterschiede am Kopf in Abhängigkeit des jeweiligen Einfallswinkels

Aufgrund der Anatomie des menschlichen Kopfes beträgt der maximale Laufzeitunterschied 0,63 ms. Der kleinste Laufzeitunterschied, den der Mensch wahrnehmen kann liegt bei 0,03 ms, das entspricht etwa 3° bis 5°. Der Mensch kann also bis zu 3° auditiv die Schallquelle lokalisieren.

2.2.1.3. Lokalisation durch Pegeldifferenzen

Das menschliche Gehör nutzt auch Lautstärkepegeldifferenzen in der horizontalen Ebene zur Lokalisation von Schallquellen. Jedoch spielt diese Art der Ortung gegenüber der Lokalisation mithilfe der Laufzeitdifferenzen eine

untergeordnete Rolle. Sie wirkt jedoch unterstützend zur Verifizierung der Informationen aus der Laufzeitunterschiedsortung.

Zur Lokalisation mithilfe der Pegeldifferenzen vergleicht das Gehirn die Informationen der Lautstärke beider Ohren und zieht dann Rückschlüsse auf den Ort der Schallquelle. Das Gehör ist in der Lage Lautstärkepegeldifferenzen im gesamten hörbaren Frequenzbereich wahrzunehmen. Allerdings sind Pegeldifferenzen unter 400 Hz aufgrund von Beugungserscheinungen am Kopf nicht mehr auszumachen. Oberhalb dieser 400 Hz nimmt diese wahrnehmbare Pegeldifferenz mit steigender Frequenz zu. Aufgrund dieser Frequenzabhängigkeit des Lautstärkepegels nimmt der Mensch einen Klangfarbenunterschied zwischen beiden Ohren wahr, der bei der Lokalisation mithilfe von Pegeldifferenzen zusätzlich genutzt wird. Für diese Fähigkeit der Unterscheidung der Klangfarbe ist jedoch ein Lernprozess notwendig. Die anderen Lokalisationsweisen sind angeboren. Der Mensch muss erst Erfahrungen sammeln, wie sich die gehörte Schallquelle von vorn ohne Klangverfärbung anhört und wie sich ihr Klang bei Richtungswechsel ändert.

2.2.1.4. Lokalisation in der vertikalen Ebene

In der vertikalen Ebene ändern sich die beiden oben behandelten Größen nicht. Weder die Laufzeitdifferenz, noch die Lautstärkepegeldifferenz ändern sich, da das Verhältnis des Abstandes zu beiden Ohren gleich bleibt. Jedoch entstehen bei Bewegung in der vertikalen Ebene Klangfarbenunterschiede. Diese Unterschiede werden individuell durch die Anatomie des Kopfes hervorgerufen. Die Lokalisationsschärfe fällt hier aber wesentlich geringer aus als die in der Horizontalebene. Diese Art der Lokalisation ist vollständig erfahrungsbedingt. Da der Mensch solche Klangfarbenunterscheidungen erst erlernen muss. Er braucht ein gewisses Repertoire an Geräuschen und deren Klangfarben und deren Änderung bei Bewegung, um die Lokalisation in der vertikalen Ebene zu beherrschen.

2.2.1.5. Die binaurale Lautheit

Der Effekt der binauralen Lautheit tritt auf, wenn ein Schallsignal auf beide Ohren gleichzeitig dargeboten wird. Es wird sich hierbei eine bestimmte

Lautheitsempfindung einstellen. Wird das Selbe Signal mit unverändertem Schalldruckpegel nur auf einem Ohr dargeboten, so sinkt die Lautheitsempfindung auf 70% bis 50% ab. Das bedeutet, dass bei binauraler Darbietung, also bei Beschallung auf beiden Ohren, die Gesamtlautheit in etwa der Summe der Lautheiten beider Ohren entspricht.

Dieser Effekt tritt auch dann auf, wenn auf beide Ohren zwei verschiedene Schallsignale dargeboten werden. Der Effekt der binauralen Lautheit besitzt keine Analogie zu anderen Sinnesorganen. Im visuellen System beispielsweise ist es nicht so, dass die Empfindung der Helligkeit abnimmt, wenn nur ein Auge geöffnet ist im Vergleich zu beiden geöffneten Augen.

2.2.1.6. Die interaurale Tonhöhendifferenz

Die interaurale Tonhöhendifferenz bezeichnet den Effekt, dass ein Ton mit konstanter Frequenz auf dem einen Ohr eine andere Tonhöhenempfindung hervorrufen kann als auf dem Anderen. Wird das Gehör binaural mit solch einem Ton fester Frequenz beschallt, so nimmt der Mensch eine bestimmte und konstante Tonhöhe wahr. Werden beide Ohren nacheinander und getrennt voneinander mit genau diesem Ton beschallt, so lässt sich in den meisten Fällen eine Abweichung der wahrgenommenen Tonhöhe zwischen den beiden Ohren feststellen.

Diese Wirkung liegt darin begründet, dass die beiden Ohren getrennt und autonom voneinander die Tonhöhe feststellen und den entsprechenden Reiz weiterleiten ins Gehirn.

Bei Personen mit einer Hörschädigung kann dieser Effekt große Ausmaße annehmen. Das kann bis hin zu einer wahrgenommenen Tonhöhendifferenz von einem musikalischen Halbtonschritt reichen. Das entspricht dem Faktor 1,05946, mit dem die eigentliche Frequenz multipliziert wird.

2.2.1.7. Der Haas-Effekt

Der Akustiker Helmut Haas postulierte in seiner Dissertation „Über den Einfluss eines Einfachechos auf die Hörsamkeit von Sprache“ von 1951, dass der beim Hörer zuerst eintreffende Direktschall allein richtungsbestimmend ist. Dieser Effekt ist vergleichbar mit dem Gesetz der ersten Wellenfront.

Dieses Gesetz ist damit erklärt, dass der Direktschall auch direkt von der Schallquelle und somit ohne Umwege auf die Ohren des Hörers trifft. Somit transportiert dieser Direktschall alle Informationen, die der Hörer zur Identifikation des Ortes der Schallquelle benötigt, wie den Laufzeitunterschieden zwischen den Ohren und den Pegelunterschieden und somit auch den entsprechenden individuellen Klangverfärbungen.

Der Schall, der auf den Direktschall in einem Raum folgt, sind die Reflexionen und in ihrer Gesamtheit dann der Diffusschall. Dieser nimmt von der Schallquelle aus den Umweg über die Wände, die Decke oder den Boden, oder über die Begrenzungsflächen anderer Gegenstände, die sich im Raum befinden. Der Hörer ist also maximal in der Lage die Stelle zu orten, an der dieser Schall zuletzt reflektiert wurde, aber nicht mehr, wo er direkt herkommt.

Der Diffusschall ist aber nicht ausschließlich störend für den Menschen. Er übermittelt viele Informationen über den Raum, in dem sich der Mensch befindet. Es kann erkannt werden, wie groß der Raum ist und welche Beschaffenheit seine Begrenzungsflächen haben.

2.2.1.8. Der Franssen-Effekt

Der Franssen-Effekt beschreibt ähnlich wie der Haas-Effekt die Lokalisation von Schallquellen in Räumen, jedoch hier speziell in besonders halligen Räumen. Ein Raum ist dann besonders hallig, wenn er aufgrund seiner Größe und seiner Beschaffenheit der Begrenzungsflächen eine besonders großen Nachhall oder auch eine besonders lange Einwirkung von Diffusschall nach dem Direktschall bewirkt. Der Franssen-Effekt besagt, dass die Lokalisation einer Schallquelle in einem sehr halligen Raum nur dann möglich ist, wenn die Schallquelle selbst eine starke Änderung des Schallsignales wiedergibt. Das beinhaltet entweder eine starke Änderung des hauptsächlich einwirkenden Frequenzbandes oder eine starke Änderung des Lautstärkepegels.

Andersherum gesehen besagt der Franssen-Effekt auch, dass die Richtung einer Schallquelle solange fix wahrgenommen wird in besonders halligen Räumen, bis eine neue Richtungsinformation vorliegt. Diese neue Richtungsinformation liegt zu den im vorigen Abschnitt genannten Bedingungen der krassen Frequenzänderung, oder der krassen Lautstärkepegeländerung vor.

Der Franssen-Effekt gilt zusammenfassend also nur in besonders halligen Räumen und vor allem ergänzend zum Haas-Effekt. Während der Haas-Effekt die Lokalisation einer Schallquelle in einem halligen Raum anhand der sogenannten ersten Wellenfront beschreibt, erklärt der Franssen-Effekt wie die Aktualisierung der Lokalisationsinformation der Schallquelle abläuft, anhand von Frequenz- oder Lautstärkepegeländerungen.

2.2.1.9. Anwendung in der Stereophonie

Die Stereophonie beschäftigt sich mit der Technik, „die sich mit der Aufzeichnung, Verstärkung und Wiedergabe von Schallereignissen befaßt, derart, daß für den Hörer der Eindruck einer dreidimensionalen Verteilung der Originalschallquellen erzielt wird.“

Keibs, L.: Stereo-Ambiofonie in Zweikanaltechnik, 1965, Funkschau Heft 23

Diese erste Definition der Stereophonie stammt von dem Elektroakustiker Haynes aus dem Jahr 1954. Unabhängig davon, inwieweit bei der herkömmlichen Zweikanal-Stereophonie von einer dreidimensionalen Verteilung von Hörereignissen gesprochen werden kann, schließt diese Definition alle mehrkanaligen Verfahren, wie auch den Surround-Sound mit ein. Um jedoch eine klare Abgrenzung der Stereophonie zu schaffen, wird hier festgelegt, dass der Begriff „Stereophonie“ ausschließlich Zweikanal-Systeme behandelt.

Die Stereophonie nutzt die Kenntnisse aus der Psychoakustik über die Funktionsweise des menschlichen binauralen Hörens aus und schafft mit zwei getrennten Schallquellen die Möglichkeit der Darstellung unendlich vieler Positionen von sogenannten „Phantomschallquellen“ in der Ebene beider Schallquellen. Damit dieser Effekt auftritt, muss sich der Hörer an einer bestimmten Position gegenüber diesen beiden Schallquellen befinden, nämlich an der Spitze der beiden Scheitel eines gleichschenkligen Dreiecks mit einem Scheitelwinkel von 60° . In der folgenden Abbildung ist dieses sogenannte „Stereodreieck“ dargestellt.

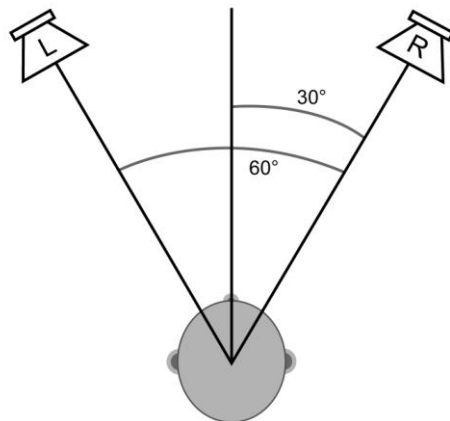


Abbildung 17: Das Stereodreieck

Genauso wie beim binauralen Hören werden Laufzeitunterschiede und Pegeldifferenzen genutzt, um zwischen den Schallquellen Phantomschallquellen abzubilden. Ist der Pegel eines Schallsignals auf dem rechten Lautsprecher höher als auf dem Linken, so wird es nicht mittig, sondern eher nach rechts verschoben abgebildet. Das bedeutet, dass der Hörer nicht die beiden Lautsprecher getrennt voneinander als zwei Schallquellen lokalisiert, sondern er lokalisiert die Phantomschallquelle dort, wo sie sich scheinbar befindet.

Mit diesem Verfahren können mehrere und verschiedenste Phantomschallquellen zwischen den Lautsprechern platziert werden. Der Mensch ist erst in der Lage die beiden Schallquellen getrennt voneinander wahrzunehmen, wenn er sich so nah an einen der beiden heran bewegt, dass dieser den anderen sozusagen übertönt.

2.2.1.10. Anwendung im Surround-Sound

Dem Surround-Sound liegt eine ähnliche Idee zugrunde wie bei der Stereophonie. Der Unterschied besteht jedoch darin, dass beim Surround-Sound mehr als zwei Wiedergabekanäle verwendet werden und die Abbildungsfläche größer ist als bei der Stereophonie. Außerdem können die Phantomschallquellen 360° um den Hörer herum dargestellt werden, und teilweise auch über ihm.

Der Surround-Sound spielt vor allem im Kino eine wichtige Rolle. Vor allem, um Geräusche plastischer und realistischer darzustellen. In der Musik ist Surround-Sound noch nicht so verbreitet.

Für die korrekte Anordnung von solchen Wiedergabesystemen gibt es die verschiedensten Richtlinien. In der folgenden Abbildung ist die Aufstellungsnorm nach ITU-R BS für eine Wiedergabe in 5.1 dargestellt. Diese Norm stammt von der „International Telecommunication Union“ mit Sitz in Genf. Sie ist eine Sonderorganisation der Vereinten Nation und weltweit die einzige Organisation, die sich offiziell mit technischen Aspekten der Telekommunikation beschäftigt. „5.1“ bedeutet, es gibt 5 Wiedergabekanäle und zusätzlich einen Subwoofer für die Basswiedergabe, dessen Position im Raum keine Rolle spielt, da wie bereits weiter oben erwähnt eine Lokalisation erst ab 400 Hz möglich ist.

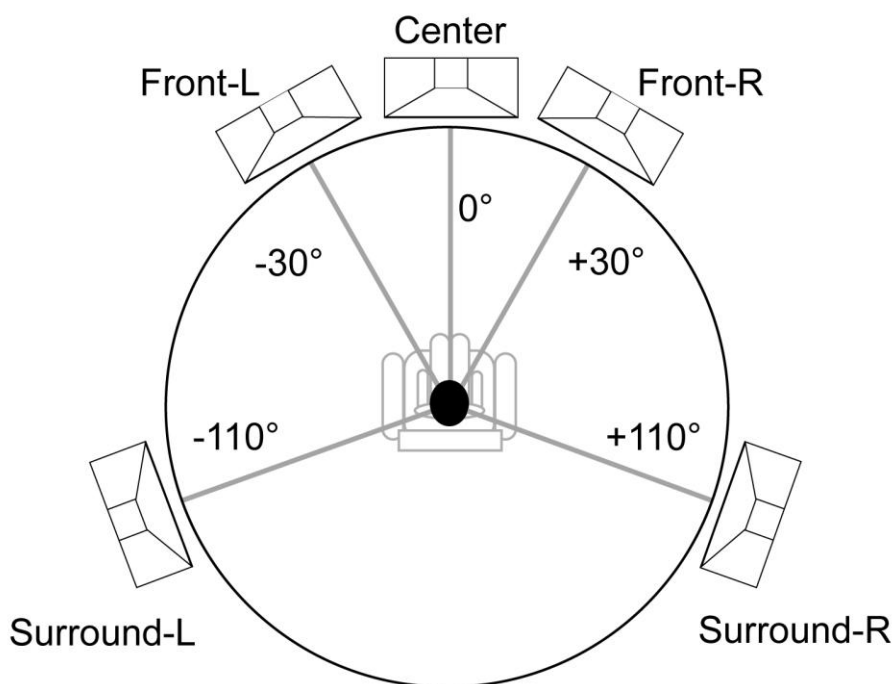


Abbildung 18: Aufstellungsnorm nach ITU-R BS für 5.1

2.2.2. Die Adaption

Die Fähigkeit des menschlichen Ohres zur Adaption oder auch Anpassung besteht darin, dass sich das Gehör dem in diesem Moment vorherrschenden Schallpegel der Umgebung anpasst.

Hierfür bildet das Gehör aus den einwirkenden auditiven Reizen ein individuelles und subjektives Bezugssystem. Dieses wird auch als Anpassungsniveau bezeichnet. Anhand dieses Anpassungsniveaus bildet sich der Hörer ein Urteil über den in diesem Moment einfallenden akustischen Reiz.

Die Fähigkeit des Menschen zur Adaption ermöglicht es also, Schallereignisse mit einem niedrigeren Lautstärkepegel qualitativ in gleicher Weise wahrzunehmen wie Schallereignisse mit höheren Lautstärkepegeln.

Durch die Fähigkeit zur Adaption tritt aber analog noch eine weitere Funktion des menschlichen Gehörs auf. Gleichmäßige und durchaus auch laute Hintergrund- oder Umgebungsgeräusche werden im Bewusstsein zurück gedrängt und es werden verstärkt die für den Menschen in dem Moment interessanten und auch möglicherweise informationstragenden Schallreize wahrgenommen.

Die Adaptionsfähigkeit benötigt jedoch Zeit, in der sich das Gehör an seine Umgebungslautstärke gewöhnt. Die empfundene Lautstärke ist also stark abhängig von der Zeit. In der folgenden Abbildung ist dieser Zusammenhang skizziert.

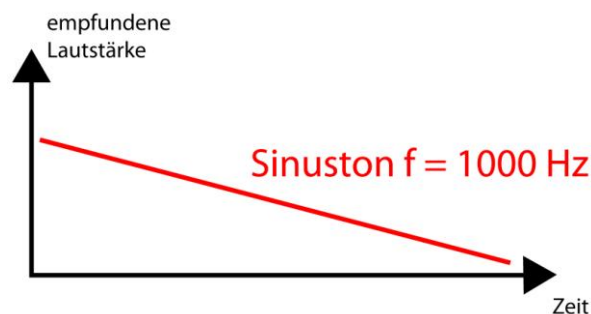


Abbildung 19: Skizze über die Abnahme der empfundenen Lautstärke mit zunehmender Zeit

Die Fähigkeit des menschlichen Gehörs zur Adaption findet eine Analogie bei der visuellen Wahrnehmung. Das Auge kann sich auch an verschiede-

ne Helligkeitsgrade anpassen. Es ist aber in der Lage die Helligkeit und somit die Intensität des Reizes direkt am Organ zu regeln, nämlich mit der Muskulatur, die die Öffnung der Pupille regelt. Das Ohr hingegen kann Adaption nur rein kognitiv ausüben. Am Organ direkt, also dem Ohr, hat es keine motorischen Steuerelemente dafür vorhanden. Das Ohr regelt die Lautstärkeanpassung über die Anregung der äußeren Haarzellen, wozu aber ein kognitiver Reiz notwendig ist.

2.2.3. Die Maskierung

Bei dem psychoakustischen Effekt der Maskierung, oder auch „Verdeckung“, werden einige Schallreize unter bestimmten Bedingungen nicht vom Sinnesorgan Ohr wahrgenommen. Wenn ein sehr lautes Schallsignal mit einer bestimmten Frequenz auf das Ohr trifft, so werden die benachbarten Frequenz gar nicht oder nur vermindert wahrgenommen, solange sie leiser sind. Nachfolgend ist eine Grafik dargestellt, die veranschaulicht, wie laut die benachbarten Frequenzen sein müssen, um wahrgenommen zu werden, wenn ein Ton von 1 kHz mit der angegebenen Lautstärke abgestrahlt wird.

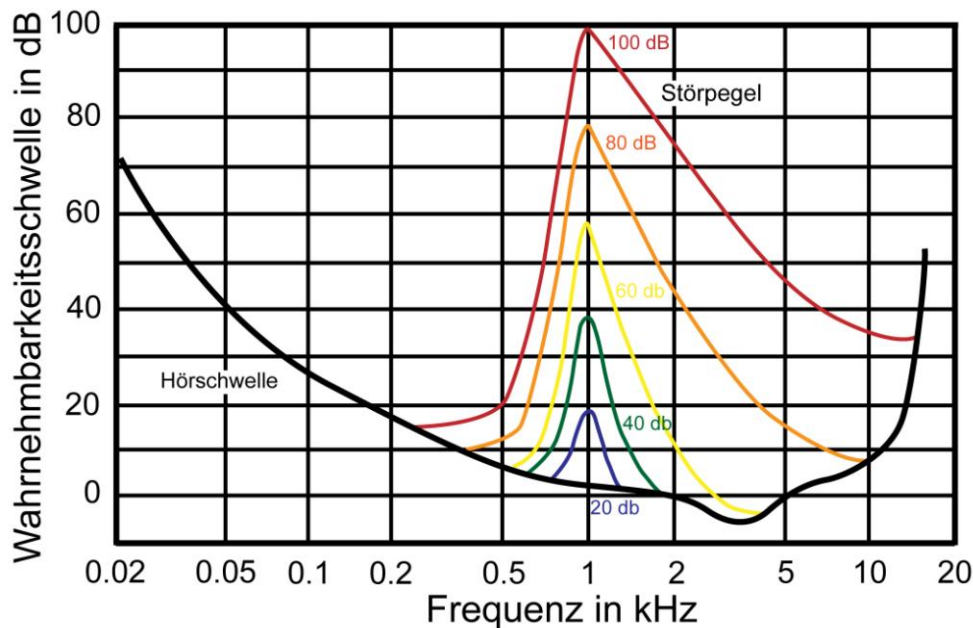


Abbildung 20: Beeinflussung der Hörschwelle bei Einwirkung einer Störfrequenz von 1 kHz bei 20, 40, 60, 80 und 100 dB

Hierbei wird auch deutlich, dass umso größer der Pegel eines Tones ist, umso breiter er die benachbarten Frequenzen verdeckt und somit die Hörschwelle anhebt.

Dieser Effekt wird durch den Aufbau des Innenohrs hervorgerufen. Durch den eintreffenden Schall wird die Basilarmembran in der Cochlea zum Schwingen angeregt. Jede Frequenz führt an einer bestimmten Stelle der Basilarmembran zur Resonanz, die die Haarzellen registrieren und in einen Nervenreiz umwandeln. Die hohen Frequenzen sind dabei am Anfang der Basilarmembran angesiedelt und die Tiefen am Ende. Eine tiefe Frequenz muss also erst die gesamte Membran entlangwandern bis sie zur Resonanz führt. Beim Entlangwandern der Membran, wird diese aber trotzdem auch bei den höher liegenden Frequenzen zum Schwingen gebracht. Ertönen gleichzeitig zur tiefen Frequenz auch höhere, müssen diese die Membran stärker als die vorhandene Schwingung erregen, damit die Haarzellen einen Reiz auslösen. In der obigen Abbildung ist auch zu erkennen, dass die tieferliegenden Frequenzen nicht so stark verdeckt werden wie die höher liegenden. Dieser Zusammenhang ist damit also erklärt.

Maskierungseffekte treten auch in Abhängigkeit der Zeit auf. Wenn ein sehr lauter Ton oder lautes Geräusch erklingt, dann verdeckt er zeitlich nachfolgende Schallereignisse innerhalb eines bestimmten Zeitraumes. Mit zunehmender Zeit sinkt dabei der Grenzschalldruck ab, bis der Mensch schließlich wieder entsprechend seiner Hörschwelle Schallereignisse wahrnimmt. Auch zeitlich bevor ein sehr lautes Schallereignis stattfindet, werden leisere verdeckt. Die Ursachen für dieses Phänomen können heute aber noch nicht erklärt werden.

2.2.4. Einfluss der Schalldauer auf die Lautheit

Schallreize mit einer Dauer länger als 200 ms gelten als Dauerschall. Beim Lautheitsempfinden bedeutet das, dass ein solcher Dauerschall nach diesen 200 ms nachfolgend als gleich laut empfunden wird. Die endgültige Lautheitsempfindung wird also erst nach etwa 200 ms gebildet. Töne mit einer Dauer weniger als 200 ms erscheinen daher leiser als der Selbe Ton mit einer Dauer länger als 200 ms.

In der nachfolgenden Abbildung ist dieser Zusammenhang dargestellt. Die Kennlinie zeigt die abnehmende Lautheitsdifferenz in Abhängigkeit zur endgültig wahrgenommenen bei wachsender Schalldauer.

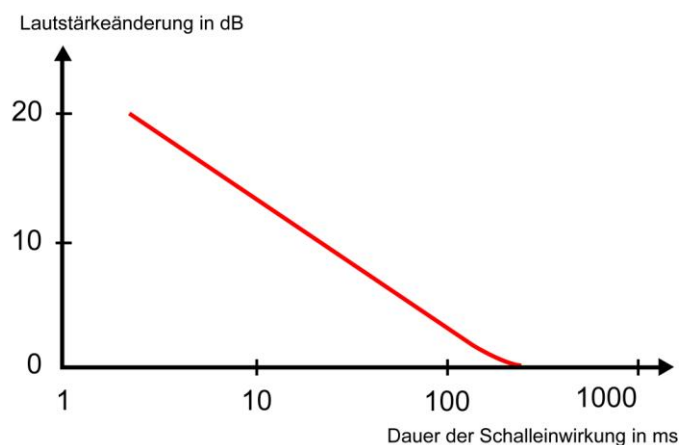


Abbildung 21: Abnahme des Lautheitsempfindens bei zunehmender Zeit

2.2.5. Einfluss des Schalldruckpegels auf die Tonhöhe

Der Mensch nimmt eine veränderte Tonhöhe eines Tones mit physikalisch fester Frequenz wahr, wenn sich der Schalldruckpegel dieses Tones ändert. Bei Erhöhung des Schalldruckpegels von Tönen mit tiefen Frequenzen lässt sich eine Abnahme der wahrgenommenen Tonhöhe feststellen. Gegenätzlich dazu lässt sich bei Tönen mit hoher Frequenz und anwachsendem Schalldruckpegel eine Erhöhung der wahrgenommenen Tonhöhe registrieren. Töne mit der Frequenz von 2 kHz und um diese Frequenz herum weisen diesen Effekt nahezu gar nicht auf.

In der folgenden Abbildung ist dieser Effekt grafisch dargestellt. Anhand der Frequenzen von 0,2 kHz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz und 6 kHz ist die Änderung der wahrgenommenen Tonhöhe bei steigendem Schalldruckpegel abgebildet. Der Referenzschalldruckpegel liegt in dieser Abbildung bei 60 dB.

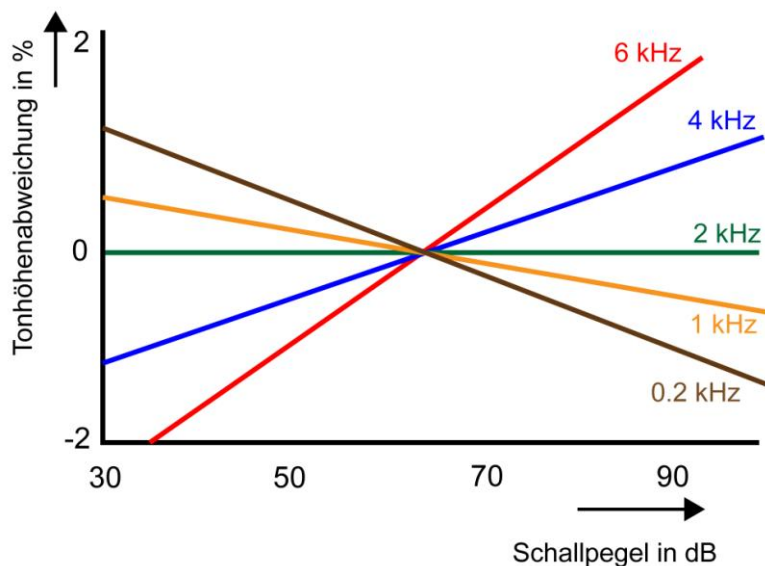


Abbildung 22: empfundene Tonhöhenabweichung in Abhängigkeit des Schalldruckpegels

2.2.6. Mehrdeutige Tonhöhen eines Klanges

Klänge sind Schallereignisse, die aus einer sinusförmigen Grundschwingung mit einer bestimmten festen Frequenz bestehen, sowie weiteren Schwingungen mit unterschiedlichen Amplituden und ganzzahlig vielfachen Frequenzen. Diese zusätzlichen Schwingungen oberhalb der Grundschwingung werden als „Obertöne“ oder „Harmonische“ bezeichnet. Dadurch, dass diese Frequenzen das ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz sind, besitzen sie ein harmonisches Verhältnis zur Grundfrequenz.

In der folgenden Abbildung ist das Frequenzspektrum eines Klanges dargestellt mit seiner Grundfrequenz und den Obertönen unterschiedlicher Intensität.

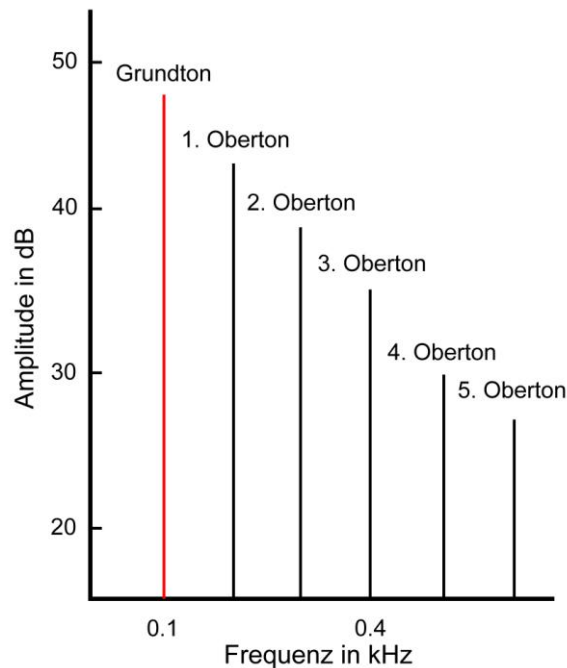


Abbildung 23: Frequenzspektrum eines Klanges

Bei der menschlichen Wahrnehmung verschmelzen solche psychoakustischen Klänge zu einem ganzheitlichen Klangeindruck. In der Musik entspricht der psychoakustische Klang dem dort sogenannten „Ton“. Wenn sich im zeitlichen Verlauf keine Parameter dieses Klanges ändern, können die Tonhöhe und die Klangfarbe eindeutig bestimmt werden.

Zu dem Effekt der mehrdeutigen Tonhöhe eines Klanges kommt es, sobald ein einzelner Teilton, also einer der Obertöne, hervorgehoben wird. So wird im gleichen Moment die zu diesem Teilton gehörende Tonhöhe gesondert vom Menschen wahrgenommen. Erklängt dieser Klang aber mit diesem hervorgehobenen Oberton einige Sekunden, so verschmilzt dieser Eindruck wieder zu dem einheitlichen Gesamtklang. An dieser Stelle ist das Gehör also in der Lage, den Klang wieder zu identifizieren, auch wenn ein Oberton mehr als die Grundschiwingung betont wird.

2.2.7. Der Zwickersche Nachton

Der Zwickersche Nachton oder auch die sogenannte „Folgetonhöhe“ bezeichnet den Effekt, dass wenn das menschliche Gehör beispielsweise mit einem breitbandigen Rauschen beschallt wird, dessen Frequenzspektrum eine Lücke aufweist, dann wird nach dem Stoppen der Beschallung mit diesem Rauschen ein leiser Sinuston wahrgenommen. Dieser schwillt langsam ab und besitzt die wahrgenommene Frequenz, die innerhalb der Lücke im realen vorher dargebotenen Breitbandrauschen liegt.

In der folgenden Abbildung ist ein solches Breitbandrauschen skizziert, die Lücke ist ebenfalls erkennbar. In dem Diagramm direkt daneben ist der nur wahrgenommene Nachton mit der Frequenz der Lücke dargestellt.

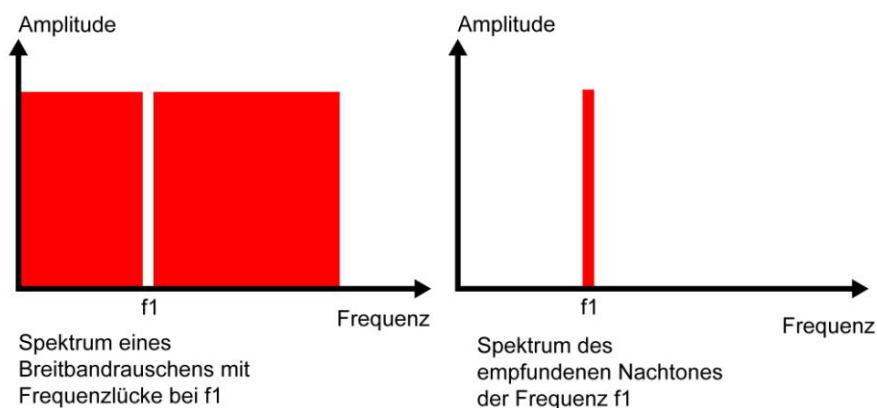


Abbildung 24: Frequenzspektrum eines Breitbandrauschens mit Lücke und des Zwickerschen Nachtons

Der Zwickersche Nachton ist ein monaurales Phänomen. Beschallt man beide Ohren gleichzeitig mit verschiedenen breitbandigen Rauschen, die unterschiedliche Lücken aufweisen, so wird nach Ende der Beschallung auf beiden Ohren gleichzeitig ein unterschiedlicher Nachton mit unterschiedlicher Frequenz entsprechend der jeweiligen Lücke wahrgenommen.

Diese Nachttöne können im Innenohr nicht nachgewiesen werden, also wird vermutet, dass es sich bei diesem Phänomen um kognitive Ursachen handeln muss. Der Zwickersche Nachton besitzt eine Analogie zum visuellen System. Dort wird dieses Phänomen als „Nachbilder“ bezeichnet und äußert sich mit visuell wahrnehmbaren Flächen einer bestimmten Farbe, nachdem der Mensch diese Flächen wahrgenommen hat.

2.2.8. Die virtuelle Tonhöhe

Wie im vorhergehenden Kapitel erläutert entspricht die wahrgenommene Tonhöhe in der Regel der Frequenz der Grundschiwingung eines Klanges. Wird von einem solchen Klang diese Grundschiwingung herausgefiltert oder auch mehrere der unteren Oberschiwingungen, dann bleiben nur noch die Obertöne oder auch nur ein Teil der höheren Obertöne übrig und diese werden dann insgesamt als „Residuum“ oder auch „Residualklang“ bezeichnet. Die vom Menschen wahrgenommene Tonhöhe des Residuums bleibt aber gegenüber dem ursprünglichen und vollständigen Klang unverändert. Lediglich die Klangfarbe verändert sich.

Die vom Menschen wahrgenommene Tonhöhe des Residuums wird als virtuelle Tonhöhe bezeichnet. Der Effekt entsteht, weil das Gehör aufgrund von Erfahrungen und Erlerntem den Klang wieder zusammensetzt, damit es dem Gewohnten wieder entspricht und das Gehör das besser auswerten kann.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Vorgang der Filterung der unteren Obertöne, sowie der Grundschiwingung dargestellt und auch der Ursprungsklang, sowie das Residuum.

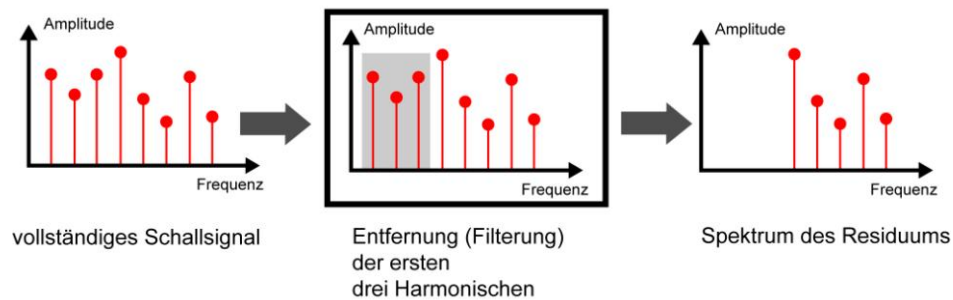


Abbildung 25: Entstehung eines Residuums

2.2.9. Kombinationstöne

Das Phänomen der Kombinationstöne tritt in Erscheinung, wenn zwei Töne mit verschiedenen Frequenzen zeitlich parallel dargeboten werden und deren Lautstärkepegel von hoher Intensität ist. In diesem Fall nimmt der Mensch weitere zusätzliche Töne wahr, die aber nicht physikalisch existieren und wiederum unterschiedliche Frequenzen als die beiden real dargebotenen besitzen.

Als Ursache für diesen Effekt sind nichtlineare Verzerrungen im Ohr zu nennen, sowie sämtliche Nichtlinearitäten der Übertragungsfunktion der Cochlea, wo diese zusätzlichen Frequenzen als physikalische Töne zusätzlich entstehen.

2.3. Die Psychoakustik von Geräuschen

Geräusch ist der Sammelbegriff für alle Hörempfindungen, die nicht als Ton oder Klang eingeordnet werden können. Der zeitliche Verlauf eines Geräusches ist im Vergleich zu den eben genannten Tönen oder Klängen nicht periodisch. Die Frequenzzusammensetzung eines Geräusches kann sich in seinem zeitlichen Verlauf auch verändern.

Geräusche werden in stationäre und instationäre unterschieden. Ein stationäres Geräusch verändert seine Eigenschaften über einen längeren Zeitraum nicht. Seine Parameter bleiben also gleich. Zeitlich instationäre Geräusche dagegen verändern ihre Eigenschaften mit der Zeit oder sind nur für einen sehr kurzen Zeitraum überhaupt vorhanden.

2.3.1. Die Tonhaltigkeit von Geräuschen

Die Tonhaltigkeit von Geräuschen wurde bereits im Kapitel „2.1.3. Die Tonhaltigkeit“ erläutert und soll hier nur noch einmal kurz umrissen werden.

Wenn ein Geräusch einen hörbaren Sinuston enthält, ist es tonhaltig. Hörbar ist ein Sinuston innerhalb eines Geräusches dann, wenn der Lautstärkepegel des Tones maximal 6 dB leiser ist als seine umgebenden Frequenzen.

Die Tonhaltigkeit beschreibt die Störwirkung eines Geräusches, denn umso größer diese ausfällt, umso lästiger wird das Geräusch für den Menschen. Die Tonhaltigkeit ist also eine wichtige Größe für die Lärmwirkungsforschung und auch für die Lärmbekämpfungsforschung.

2.3.2. Die Tonhöhenwahrnehmung von Geräuschen

Eine Tonhöhenwahrnehmung findet bei Geräuschen statt, wenn wie bereits im vorigen Kapitel beschrieben, ein Sinuston innerhalb des Geräusches hörbar ist. Geräusche können aber auch einen tonalen Charakter haben, wenn sie aus nicht-periodischen Schallsignalen bestehen, bei denen jedoch ein oder mehrere schmalbandige Frequenzbereiche besonders hervorgehoben sind. Um eine Tonhöhe bei einem Geräusch wahrzunehmen kann es also tonhaltig sein, muss es aber nicht. Ein Geräusch muss also nicht unbedingt einen Sinuston enthalten, um eine Tonhöhenwahrnehmung hervorzurufen.

2.3.3. Die kognitive Verarbeitung von Geräuschen

Wenn der Mensch einen Film schaut, also somit audiovisuelle Informationen erhält, dominieren in der bewussten Wahrnehmung die Bilder, danach folgen die Inhalte wie Dialoge oder Texte, und schließlich folgt die Wahrnehmung von Geräuschen und Musik.

Bei der unbewussten Wahrnehmung haben die Geräusche jedoch einen größeren Einfluss. Ohne eine Möglichkeit der bewussten Steuerung nehmen wahrgenommene Geräusche Einfluss auf das vegetative Nervensystem und somit auf Funktionen wie die Atmung, den Blutdruck, den Herz-

rhythmus oder den Blutzuckerspiegel. Außerdem können Geräusche auch Emotionen hervorrufen oder verstärken.

Geräusche sind immer ambivalent, das heißt, dass sie in unterschiedlichen Zusammenhängen vom Hörer unterschiedliche Bedeutungen zugewiesen bekommen können.

2.4. Die Psychoakustik von Sprache

Das menschliche Gehör ist auf die Wahrnehmung von Sprache spezialisiert. Das Gehör und die Hörfähigkeit gibt es allerdings viel länger als es die Sprache gibt. Vorher diente es vor allem der Erkennung von Gefahren, also hier speziell von Geräuschen. Im Laufe der Evolution begannen die Menschen jedoch komplexer zu denken und damit nahm auch die Notwendigkeit zu, komplexer zu kommunizieren. Die einfachen Laute wurden komplexer, verschieden kombiniert und auch immer mit einer bestimmten Gestik und Mimik unterlegt. Bis sich diese Kommunikationsweise soweit entwickelt hat, dass man im heutigen Sinne von Sprache reden kann.

Die Sprachwahrnehmung beginnt wie bei allen anderen akustischen Reizen, mit der Schallaufnahme am Außenohr und der Schallweiterleitung über das Mittelohr ins Innenohr. Dort wird der akustische Schallreiz in neuronale Reize umgesetzt und über Nervenbahnen ins Gehirn geleitet. Hier wird das Sprach-Schallsignal zunächst phonetisch analysiert. Die Laute, Silben und Wörter werden identifiziert. In höheren Gehirnarealen wird dann die Bedeutung untersucht und die Inhalte verstanden.

2.4.1. Die Phonetik

Die Phonetik beschäftigt sich als Wissenschaft mit den Komponenten, Eigenschaften und der Entstehung sprachlicher Laute.

„Ziel der Phonetik ist die Erforschung der Möglichkeiten und Grenzen menschlicher Sprachproduktion und –perzeption.“

Meibauer, Jörg: Einführung in die germanistische Linguistik, 2007, Metzler Verlag

Die Phonetik kann in drei Teilgebiete untergliedert werden, zum einen in die Artikulatorische Phonetik, die Akustische Phonetik, sowie die Auditive Phonetik.

Die Artikulatorische Phonetik beschäftigt sich mit der Artikulation von Einzellauten, also mit der Bildung der Laute mithilfe des menschlichen Mundes. Hierbei werden die Bewegungen der Lippen untersucht, sowie die der Zunge und die des Kiefers. Die wichtigste Forschungsmethode der artikulatorischen Phonetik ist die Palatografie. Dafür wird der Gaumen des Sprechers mit einem schwarzen Pulver bestrichen. Daraufhin spricht er einen vorher festgelegten Laut und danach wird sein Gaumen und seine Zunge fotografiert. Damit kann festgestellt werden, wo die Zunge auf den Gaumen trifft und somit wie dieser Laut erzeugt wird. Dieses Verfahren wurde aber inzwischen so weit entwickelt, dass es heute mittels Elektroden statt schwarzem Pulver durchgeführt wird.

Die akustische Phonetik befasst sich speziell mit der Akustik gesprochener Laute. Dabei werden zum Beispiel die Amplituden und die Frequenzen der Formanten untersucht, die die Stimmbänder erzeugen. Formanten stellen in der Akustik bestimmte Frequenzspektren dar, deren Frequenzverteilung auf bestimmte Frequenzbereiche konzentriert ist. Die wichtigste Methode der akustischen Phonetik ist die Spektrografie. Hierbei werden die sogenannten „Spektrogramme“ erstellt, die die Frequenzverteilung von Lauten darstellen. Diese Spektrogramme werden dann analysiert und verglichen.

Die auditive Phonetik untersucht, wie die Sprache von anderen Menschen wahrgenommen wird. Mithilfe von experimentellen Methoden wird die Perzeption untersucht. Es werden vor allem auch die physiologischen Vorgänge beim Hören von Sprache erforscht. Die auditive Phonetik kann also als Teilgebiet der Psychoakustik angesehen werden.

2.4.2. Die Intonation

In der Phonetik versteht man unter der Intonation die sogenannte „Sprachmelodie“. Physikalisch gesehen, stellt sie den zeitlichen Verlauf der Tonhöhe bei Sprache dar. Die Intonation besteht aber in der Phonetik aus dem Akzent, dem Tonhöhenverlauf und der Pausengliederung.

Der Akzent wird in der Phonetik auch als „Betonung“ bezeichnet. Der Akzent entsteht durch einen erhöhten Lautstärkepegel auf einer bestimmten Silbe. Die Pausengliederung beschreibt die Länge und Häufung von

Sprechpausen. Sie ist jedoch kaum unabhängig vom Tonhöhenverlauf und vom Akzent zu erfassen.

Die Intonation kann in den verschiedenen Sprachen die unterschiedlichsten Funktionen einnehmen. Im deutschen und englischen Sprachgebrauch beispielsweise wird die Intonation syntaktisch verwendet. Das heißt, dass sie keinen Einfluss auf den Inhalt des Gesagten hat, jedoch um die Funktion der Sätze zu unterscheiden, zum Beispiel um Überraschung, Ironie, Frage- oder Antwortsätze zu kennzeichnen.

Außer den syntaktischen Sprachen gibt es noch die tonalen Sprachen. Hierbei besitzt der Tonhöhenverlauf einzelner Silben eine eigene inhaltliche Bedeutung. Also je nachdem, mit welchem Frequenzverlauf oder auch mit welcher Tonhöhe eine Silbe ausgesprochen wird, hat sie eine andere inhaltliche Bedeutung. Zu diesen tonalen Sprachen gehören zum Beispiel Chinesisch oder Thai.

Es gibt auch einige Sprachen, wo der Tonhöhenverlauf keinen Einfluss auf den Inhalt des Gesprochenen hat, sondern auf dessen Grammatik. Durch die unterschiedliche Tonhöhe wird dann zum Beispiel auf unterschiedliche Tempi, also Zeitformen, hingewiesen. Solche Sprachen sind beispielsweise die westafrikanischen Sprachen Twi und Bini.

2.4.3. Der Lombardeffekt

Der Lombardeffekt bezeichnet den Zusammenhang zwischen der Lautstärke der Stimme eines Sprechers und dem Umgebungsgeräusch in dem er spricht. Der Sprecher besitzt das Bedürfnis, auch bei einem erhöhten Lautstärkepegel der Umgebung von seinem Gegenüber verstanden zu werden. Er erhöht dann automatisch, ohne sich dessen bewusst sein zu müssen, seinen eigenen Lautstärkepegel mit dem er spricht.

Dieser Effekt ist also ein rein kognitiv verursachter Effekt. Er wird durch Rückkopplung gesteuert. Über die eigenen Ohren nimmt der Sprecher die Umgebungslautstärke wahr und passt daraufhin automatisch seine eigene Lautstärke an. Wird diese Rückkopplung gedämpft oder verstärkt, erfolgt ein entsprechender Regelvorgang. Der Sprecher wird bei verstärkter Umgebungslautstärke lauter und bei gedämpfter genauso auch leiser.

Eine solche Beeinflussung der Rückkopplung tritt auch auf, wenn nur der Sprecher selbst beschallt wird. Dies ist beispielsweise beim Tragen von Kopfhörern der Fall. Der Sprecher wird bei Beschallung über Kopfhörer ebenfalls lauter. Dies beweist, dass der Lombard-Effekt kein bewusster

Steuervorgang ist, sondern dass er unbewusst geschieht. Der Vorgang kann lediglich nach erfolgtem Steuervorgang bewusst wahrgenommen werden.

2.4.4. Die Motortheorie

Die Motortheorie ist die älteste Theorie zur Sprachwahrnehmung und wurde von Alvin Meyer Liberman 1967 entwickelt. Sie besagt, dass die physikalischen Signale der Sprache identifiziert und verstanden werden können, indem der Hörer auf der phonetischen Stufe im Gehirn intern nachvollzieht, wie der Sprecher seinen Mund artikulatorisch bewegt hat.

Laut dieser Theorie wird Sprache also nicht über die Analyse der rein physikalischen Parameter des beim Hörer ankommenden Schalls verstanden, sondern erst über den Umweg in das phonetische Gehirnareal wo die Aussprache nachvollzogen wird.

Für diese Theorie spricht, dass Reize, die sich in ihrer Akustik ähneln, jedoch anders artikuliert werden, zu verschiedenen Wahrnehmungen führen. Andersherum führen Reize, die sich akustisch nicht ähneln, jedoch ähnlich artikuliert werden, zu ähnlichen Wahrnehmungen.

Gegen diese Theorie sprechen jedoch die Argumente, dass bei Störung der Sprechorgane die Sprachwahrnehmung nicht beeinträchtigt wird. So können beispielsweise auch gehörlose Kinder lernen, Sprache zu verstehen. Auch der Fakt, dass erlernte Sprachen meistens besser verstanden werden als sie von der gleichen Person ausgesprochen werden, spricht gegen diese Theorie.

2.5. Die Psychoakustik von Musik

Die Erforschung, wie Musik vom Menschen wahrgenommen wird, ist ein sehr weites Feld und überschneidet viele Wissenschaften, wie die Psychologie, die Akustik, die Physiologie, die Musikwissenschaft oder die Psychoakustik. Wie Musik wahrgenommen wird ist auch längst noch nicht vollständig erforscht. Das Musikhören beinhaltet viele verschiedene Mechanismen und ist von vielen Bedürfnissen und Gewohnheiten abhängig.

2.5.1. Die Informationstrennung

Das Gehirn versucht immer auditive Informationen in sinnvolle Gruppen einzuteilen und somit die Verständlichkeit zu erhöhen. Das physikalische Schallsignal eines Orchesters beispielsweise ist ein einziger Strom von Schallwellen mit den verschiedensten Frequenzen und Lautstärkepegeln, die sich gegenseitig überschneiden. Trotzdem ist der Mensch in der Lage, einzelne Instrumente oder Instrumentengruppen herauszuhören.

Nur allein mit den Erregungsmustern auf der Basilarmembran in der Cochlea im Innenohr wäre dies nicht möglich. Erst durch die kognitive Verarbeitung der Informationen des Ohres über die Beschaffenheit des Schallsignals wird die Fähigkeit zur Informationstrennung möglich.

Die Fähigkeit zur Informationstrennung benötigt der Mensch unbedingt, um Musik überhaupt wahrnehmen zu können. Ansonsten würde er nur ein in Frequenz und Lautstärkepegel schwankendes Rauschen wahrnehmen.

2.5.2. Motiv und Phrase

In der Musik werden Musikstücke in Motive und Phrasen unterteilt. Motive sind dabei die Abschnitte eines Musikstückes, die im musikalischen Kontext nicht weiter unterteilt werden können, aber in sich als abgeschlossen gesehen werden können. Phrasen sind mehrere Motive, die als Gruppe eine abgeschlossene Einheit bilden. Eine Phrase ist immer so groß, dass sie im Kurzzeitgedächtnis abgespeichert werden kann.

2.5.3. Die Harmonie

In den vielen unterschiedlichen Kulturen, die es auf der Welt gibt, gibt es auch viele unterschiedliche Tonsysteme und damit auch viele unterschiedliche Vorstellungen von Harmonie.

Harmonie tritt erst auf als zeitlich parallele Kombination von mehreren Tönen. Dabei ist nicht jede Kombination von Tönen eine Harmonie. Es kann genauso eine Disharmonie sein. Wann eine Kombination harmonisch wahrgenommen wird, ist stark vom individuellen Empfinden eines Menschen abhängig.

Die Rauigkeit ist ein wichtiger Anhaltspunkt bei der Beurteilung von Harmonie oder Disharmonie. Pauschal kann gesagt werden, je mehr Rauigkeit ein Klang enthält, umso dissonanter wirkt er auf den Menschen. Wertemäßig kann dieser Zusammenhang jedoch nicht ausgedrückt werden, da es stark vom Individuum abhängig ist und große Unterschiede zwischen den Menschen auftreten können.

Der Physiologe und Physiker Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz beschrieb 1913 den Zusammenhang von Harmonie und Rauigkeit, was in dem folgenden Zitat zu sehen ist.

„Ob ein Zusammenklang mehr oder weniger rau ist als ein anderer, hängt nur von der anatomischen Struktur des Ohres, nicht von psychologischen Motiven ab. Wie viel Rauigkeit aber der Hörer als Mittel musikalischen Ausdrucks zu ertragen geneigt ist, hängt von Geschmack und Gewöhnung ab [...]. Daraus folgt [...], dass das System der Tonleitern, der Tonarten und deren Harmonie sowohl auf unveränderlichen Naturgesetzen beruht, als auch zum Teil die Konsequenz ästhetischer Prinzipien ist. Diese sind mit fortschreitender Entwicklung der Menschheit einem Wandel unterworfen und werden es auch in Zukunft sein.“

Helmholtz, Hermann Ludwig Ferdinand von: Die Lehre von den Tonempfindungen, 1913, Friedrich Vieweg & Sohn Verlag

2.6. Methoden für statistische Kenngrößen der Psychoakustik

Viele der psychoakustischen Kenngrößen und vor allem auch Kennlinien sind statistische Größen. Da nicht jeder Mensch genau gleich Schallsignale wahrnimmt und die Wahrnehmungen sich somit zwischen den Menschen leicht unterscheiden, gibt es keine verbindlichen Kennlinien und Kennwerte, die für alle Menschen gleichermaßen gelten. Daher wurden mittels Versuchen die Daten zu den Wahrnehmungsempfindungen vieler Menschen gesammelt, und daraus wurde dann immer ein statistisches Mittel gebildet, um Aussagen zur Wahrnehmung eines durchschnittlichen und gesunden Menschen treffen zu können.

Die Methoden, mit denen solche Daten vieler individueller Personen gesammelt werden, kann man in klassische und adaptive Methoden unterteilen. Bei den adaptiven Methoden wird der inhaltliche Verlauf des Tests von den Urteilen der Versuchsperson beeinflusst. Bei den klassischen Methoden bleibt der Verlauf davon unberührt. Beide Methoden haben ihre Berechtigung und auch ihre Vor- und Nachteile. An dieser Stelle sollen nur einige als Beispiel namentlich angeführt werden. Klassische Methoden in der Psychoakustik sind beispielsweise die Konstant-Stimulus-Methode, die

Größeneinschätzung, die Einregelungsmethode oder der vollständige Paarvergleich. Adaptive Methoden sind beispielsweise die Forced-Choice-Methode oder das Békésy-Tracking.

3. Angewandte Psychoakustik in der Unternehmenskommunikation

Heutzutage gibt es eine unüberschaubar große Vielzahl von Produkten, Marken und Dienstleistungen. Um dabei noch einen Platz im Gedächtnis des Konsumenten zu erhalten, muss eine solche Marke oder ein solches Produkt einen hohen Grad an Einzigartigkeit und Unverwechselbarkeit aufweisen. Um so etwas zu schaffen, muss die Kommunikation der Marke oder des Produktes konsequent, geradlinig und eindeutig sein.

Auditive Informationen stellen dabei ein wichtiges Werkzeug dar. Der Mensch nimmt zwar vieles des auf ihn einwirkenden Schalles nicht bewusst wahr, aber akustische Reize haben einen großen Einfluss auf das Unterbewusstsein des Menschen. Für die Unternehmenskommunikation sind akustisch übermittelte Informationen also ein mächtiges Werkzeug, um beim Konsumenten bestimmte Emotionen mit dem Produkt oder der Marke zu verknüpfen und auch um im Langzeitgedächtnis verankert zu werden.

Auch die Kaufgewohnheiten haben sich bis heute verändert. Häufig wird die Kaufentscheidung nicht mehr nur von rationalen Überlegungen geleitet, wie zum Beispiel der Qualität oder Quantität oder auch Kompatibilität, sondern vielmehr wird heute auch anhand von erlebnisorientierten Zusatznutzen die Kaufhandlung unbewusst abhängig gemacht. Die Vorstellungen des Konsumenten, die er von Produkten hat oder entwickelt, gehen somit über die reine Funktionalität des Produktes hinaus. Die emotionale Verbindung, die der Kunde zu einer Marke hat, spielt für Kaufentscheidungen eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Bei der Unternehmenskommunikation wird der Konsument also auf allen Kanälen und somit auch auf allen Sinneskanälen angesprochen. Das Bild, was von der Marke oder dem Produkt verbreitet wird, muss dabei einheitlich und bis ins kleinste Detail aufeinander abgestimmt werden, damit keine Unstimmigkeiten zwischen den Kanälen entstehen. Das Bild der Marke muss ganzheitlich kommuniziert werden. Es reicht heutzutage also nicht mehr aus, eine bestimmte Anzeigen-Kampagne zu planen oder einen bestimmten TV-Spot zu einem Produkt zu entwickeln. Der Konsument muss über alle diese Kanäle gleichermaßen angesprochen werden. Die Eigenschaften und Möglichkeiten der neuen Medien bieten dabei bisher unbekannte Möglichkeiten.

Die Marke stellt ein immaterielles Gebilde dar, was nur in den Vorstellungen der Konsumenten, sowie des Unternehmens mit all seinen Mitarbeitern besteht. Die Marke ist das Image der Produkte oder Dienstleistungen,

die unter deren Namen auf den Markt kommen. Die Marke hat die Kraft, bestimmte Eigenschaften ohne Wissen über die eigentlichen vorhandenen zu beschreiben. Desto besser der Ruf der Marke, oder auch das „Image“ der Marke, umso bessere Eigenschaften werden den Produkten zugeschrieben. Die Markenbildung ist also mitunter die wichtigste Aufgabe für die Unternehmenskommunikation. Gerade hierfür sind die akustisch übermittelten Reize bestens geeignet, da sie die Macht haben, das Unterbewusstsein zu beeinflussen und zu lenken.

3.1. Corporate Sound

Die Abbildung aus der Einleitung, die den Zusammenhang zwischen der Unternehmens-Persönlichkeit („Corporate Identity“) und ihren Bestandteilen, dem Unternehmens-Erscheinungsbild („Corporate Design“), dem Unternehmens-Verhalten („Corporate Behaviour“) und der Unternehmens-Kommunikation („Corporate Communication“) verdeutlicht, soll hier erweitert werden um den „Corporate Sound“ oder auch den Unternehmens-Klang.

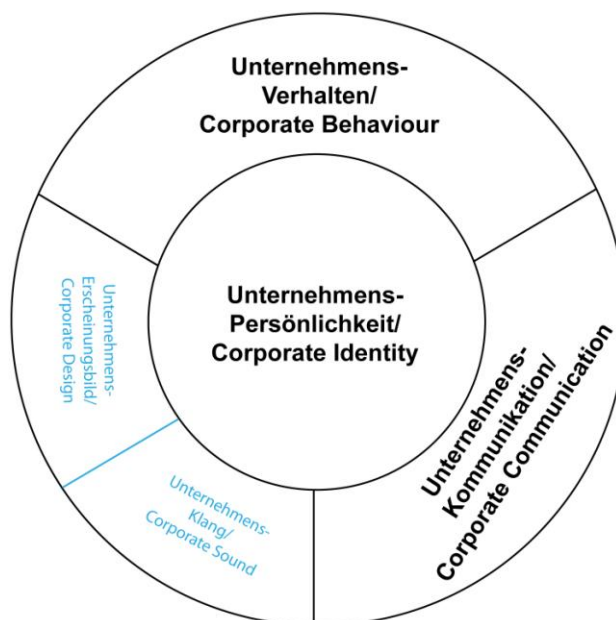


Abbildung 26: Einordnung des Corporate Sound in die Unternehmens-Persönlichkeit

In dieser Abbildung ist jetzt noch zusätzlich der Corporate Sound dargestellt. Er ist zusammen mit dem Corporate Design Teil des Unternehmens-Erscheinungsbildes. Der Klang des Unternehmens kann es zwar nicht visuell darstellen, jedoch agieren der Sound und das Design des Unternehmens unmittelbar und immerwährend miteinander, weswegen sie nicht getrennt darzustellen sind. Beide müssen auch zusammen konzipiert werden, damit sie ineinandergreifen und so bestmöglich das Unternehmen darstellen.

3.1.1. Der Begriff des „Corporate Sound“

Der Corporate Sound ist ein unternehmensweites Konzept, das den gesamten akustischen Auftritt eines Unternehmens plant und gestaltet. Jeder Kontaktpunkt zum Konsumenten, der in irgendeiner Form Schallereignisse abgibt oder abgeben kann, wird dabei berücksichtigt. Alle Kommunikationsmittel, die das Unternehmen nutzt und die auch hörbare Ausdrucksformen beinhalten, werden einheitlich konzipiert und dabei möglichst ausdrucksstark. Das reicht von der Vertonung klassischer TV-Spots, über die akustische Begleitung der Web-Auftritte, bis hin zur Musik und Klangatmosphäre am sogenannten „Point of Sale“, also dem Verkaufsladen.

3.1.2. Die Elemente des Corporate Sound

Bei der Konzipierung von Corporate Sound muss immer berücksichtigt werden, ob der Klang mit den Markenwerten des Unternehmens übereinstimmt. Da die Markenwerte einem ständigen Wandel unterliegen, muss auch der Corporate Sound immer den aktuellen Werten angepasst werden. Gerade in den neuen Medien gibt es auch immer neue Möglichkeiten der Kommunikation und immer neue Anwendungen, die andere Anforderungen an den Klang haben. Die Grenzen verschwimmen immer mehr und es müssen neue Konzepte entwickelt werden. Bis jetzt herrschen immer noch klare Elemente im Corporate Sound vor, wie zum Beispiel das Sound Logo, oder das Musikbett. Aber wegen dieser vielen neuen Möglichkeiten verschwimmen diese Grenzen immer mehr und die Anwendbarkeit dieser Elemente ist immer weniger gegeben. Ein neues Konzept der Unternehmenskommunikation ist beispielsweise die sogenannte „Integrierte Kom-

munikation“, die diese Verschmelzung zu nutzen versucht. Der Corporate Sound muss sich hier also neu einfügen und es muss mehr von der Konzeption anhand der einzelnen Sound-Elemente weggegangen werden und zu einer einheitlichen Klangidentität übergegangen werden, in der sich frei bewegt werden kann, um die Kommunikation des Unternehmens stets mit der gewünschten Anwendung durchführen zu können.

Im späteren Kapitel „3.3.1. Konzeption der einzelnen Elemente“ soll auf eine Auswahl einiger heutzutage noch zu unterscheidender Sound-Elemente eingegangen werden. Dabei wird erläutert, was die Elemente Sound Logo, Jingle, Werbesong, Brand Song, Brand Voice, Earcon, Produktklang und Soundscape ausmacht, und auch wie sie konzipiert werden.

3.1.3. Das Gestaltungsmittel Musik

Durch Klang und Musik lässt sich die Informationsdichte in audiovisuellen Präsentationen erheblich steigern. Teilweise ist es schon ausreichend, eine bestimmte Ton- oder Klangfolge abzuspielen, um dem Hörer die gewünschte Information zu vermitteln. In solch einem Fall handelt es sich dann um einen sogenannten „Symbolklang“. Solche müssen erst erlernt werden, wie zum Beispiel den Klang des Martinshornes.

Der korrekte Kontext muss aber beachtet werden, sonst kann der Mensch Geräusche auch falsch zuordnen. Weckerklingeln kann beispielsweise zwei verschiedene Bedeutungen annehmen. Einmal kann es darstellen, dass jemand aufstehen muss, andererseits kann es auch bedeuten, dass etwas fertig geworden ist, wie zum Beispiel Kuchen im Backofen.

Um die Wirkungsweise von Musik bei der Unternehmenskommunikation zu untersuchen gibt es das Erklärungsmodell der klassischen Konditionierung. Sie beschreibt die Wirkung von positiv bewerteter Musik in Verbindung mit einem Produkt. Dabei überträgt positive Musik ein positives Urteil auf das Produkt. Ein Konsument, der ein Produkt in Verbindung mit von ihm positiv bewerteter Musik dargeboten bekommt, empfindet auch ein positives Gefühl für das Produkt und ist eher geneigt es zu kaufen, als in Verbindung mit von ihm negativ bewerteter Musik. Diese Wirkung allerdings tritt nur bei Produkten auf, mit denen sich die Konsumenten eher weniger beschäftigen, also bei minderwertigen Verbrauchsgegenständen wie Kugelschreiber oder Zahnpasta. Diese werden auch als Low-Involvement-Produkte bezeichnet. Bei Produkten mit einem hohen Involvement wirkt

Musik, egal wie sie beurteilt wird, eher störend, da der Kunde die Produktinformationen bewusst verarbeiten will und Musik ihn daran hindert.

Im Idealfall stützt die Musik die Marke so glaubhaft, dass die gewünschte Zielgruppe erfolgreich angesprochen wird und auch Authentizität vermittelt. Mit Musik kann aber auch Aufmerksamkeit erregt werden und Atmosphären erzeugt werden wie zum Beispiel Exotik, Entspannung oder Coolness. Alain Bertoni und Reinhold Geiling haben Vorschläge für die Zuordnung von Musikstilen zu bestimmten Produktmerkmalen zusammengestellt, die bestmögliche positive Verbindungen zwischen dem Produkt und der Musik schaffen sollen. In der folgenden Abbildung sind diese Vorschläge zu sehen.

Musik		Produktimage	Produktmerkmale
Klassische Musik	Barock	Präzision, Qualität	Uhren, Luxusgüter
	Klassik	Eleganz, Reife	Wein, Sekt, Nahrungsmittel
Popmusik	Romantik	Liebe, Emotionen	Schmuck, Parfums
	Tanzmusik	Schwung, Lebensfreude	Getränke, Genussmittel
	Rapmusik	Protest, Differenzierung	Freizeit- und Sportartikel
	Rockmusik	Selbstbewusstsein	Bier, Jeans
	New Age	Natur, Ursprünglichkeit	Nahrungsmittel
Jazz		Andersartigkeit	Kosmetika, Parfums
Volksmusik	Volkslieder	Bodenständigkeit	Regionales
	Kinderlieder	Unbeschwertheit	Spielzeug, Süßigkeiten
	Militärmusik	Kraft, Disziplin	Reinigungsmittel

Abbildung 27: Zuordnung von Musikstilen zu bestimmten Produktmerkmalen nach Bertoni und Geiling

Bei der Wahl von Musik für Werbezwecke muss auch zwischen bekannten Stücken und neuen entschieden werden. Bekannte Musik hat den Vorteil, dass sie schnell wiedererkannt wird, jedoch besteht die Gefahr, dass die Konsumenten das Lied bereits überhört haben und sich somit auch von der Werbebotschaft abwenden. Daher ist es auch von Nutzen neue Musik, die schnell einprägsam ist, entweder zu komponieren oder bereits vorhandene zu nutzen. Hierbei ist der Wiedererkennungswert nicht vorhanden, jedoch können andere Emotionen geweckt werden, wie zum Beispiel Neugier.

3.1.4. Das Gestaltungsmittel Sprache

Die Sprache bildet den Großteil der menschlichen Kommunikation. Da Sprache auch auditiv wahrgenommen werden kann, ist sie unverzichtbar im Corporate Sound und muss genauso mit im Konzept berücksichtigt werden. Das besondere an Sprache ist, dass sie zum einen Träger von rationaler Information sein kann, wie auch emotionaler. Rationale Informationen trägt die Sprache in Form von den inhaltlichen und in den Lauten codierten Inhalten. Emotionale Informationen überträgt die Sprache mit dem Klang der Stimme. Die Emotionen werden hierbei mit dem Tonfall, der Intonation und der Klangfarbe der Stimme, aber auch mit der Aussprache transportiert. All diese Faktoren werden rein auditiv wahrgenommen.

Da das menschliche Gehör auf die Wahrnehmung von Sprache spezialisiert ist, erhöht sich die Aufmerksamkeit eines Hörers, wenn Sprache zum Einsatz kommt. Sie lässt auch Störgeräusche wie zum Beispiel Verkehrslärm in den Hintergrund der Aufmerksamkeit treten. Also ist Sprache für spezielle Anwendungen wie zum Beispiel am Point of Sale besonders geeignet, wo üblicherweise besonders viele Störgeräusche auftreten können.

Darüber hinaus ist der Einsatz einer bestimmten menschlichen Stimme ideal dafür geeignet, um einer Marke Persönlichkeit und Individualität zu verleihen.

3.2. Sound im Marketing

Die Agentur für Audio Branding „Comevis“ hat 2009 eine eigene Studie veröffentlicht, die viele Fragen zur Wirkung von akustischen Reizen beantworten soll. Sie besagt unter anderem, dass 96 Prozent der Hörer von Radiospots sich besser an Spots erinnern konnten, die mit zur Marke passender Musik unterlegt waren, als an solche mit zufällig ausgewählter Musik oder an solche gänzlich ohne Musik.

Weiterhin lies Comevis auch die Wirkung von Sound Logos untersuchen. Dabei wurden mittels Telefon-Interviews 1.000 deutschsprachige Personen ab 14 Jahren in Privathaushalten in Deutschland befragt. Diesen Personen wurden 6 verschiedene Sound Logos vorgespielt und sie mussten die Marke ohne Vorgabe selbstständig richtig benennen.

In der folgenden Abbildung sind die Ergebnisse mit richtigen Antworten in Prozent dargestellt.

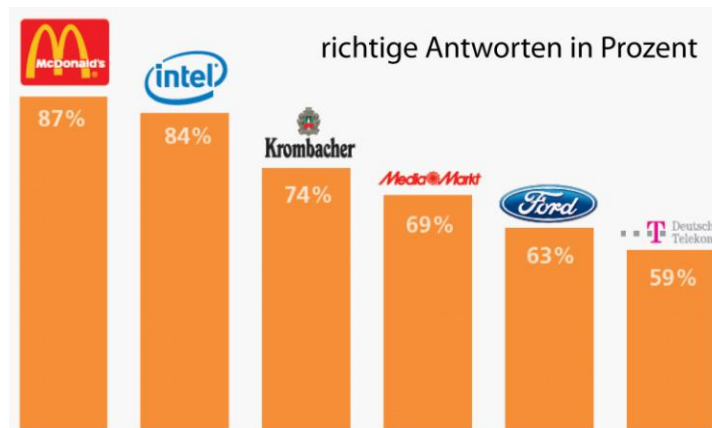


Abbildung 28: Ergebnis aus der Comevis-Studie zur Wirkung von Sound Logos

3.2.1. Sound beim Marketing im Radio, Fernsehen und Kino

Gerade beim Zusammenwirken von akustischen und visuellen Reizen, kann viel mit Symbolik gearbeitet werden. Viele Informationen müssen nicht mit sprachlichen Mitteln transportiert werden. Hierbei gilt, dass das Bild stets zum Ton passen muss. Sieht das Auge andere Informationen, als das Ohr hört, kommt es zu Verwirrung und die Werbebotschaft geht verloren. Geräusche müssen also zum Bild passen und verstanden werden.

Es können aber viele Effekte verwirklicht werden, vor allem auch durch das Zusammenspiel von Musik und Bild. Die Bewegungsabläufe können an den Verlauf der Musik angepasst werden. Somit werden die Informationen noch leichter vom Konsumenten aufgenommen.

Grundsätzlich gilt für diese drei Medien, dass kurze Geschichten erzählt werden sollten. Reine Aufzählungen der Informationen sind zwar möglich und werden auch umgesetzt, bleiben aber nicht dauerhaft beim Konsumenten hängen und stärken auch das Markenempfinden nicht.

3.2.2. Sound beim Marketing im Internet

Durch die schnelle technische Entwicklung des Internets entstehen immer neue Anwendungsmöglichkeiten und auch neue Anforderungen an das Internet als auditiven Kommunikationskanal.

Auch hierzu hat die Agentur Comevis eine Studie veranlasst. Sie untersucht die Wirkungsweise von Klängen auf Websites. Hierbei wurde ein Banner auf der Website der Netzpiloten AG einmal mit einem Geräusch „Ding Dong“ und einmal mit dem gesprochenen Markennamen vertont. Heraus kam, dass die Aufmerksamkeit für diese Reklame mit dem gesprochenen Markennamen um etwa 25 Prozent größer ist, als der Banner ganz ohne Ton. Das einfache Geräusch „Ding Dong“ reicht nicht für eine Steigerung der Werbewirkung aus. Hier wurde eine Steigerung von nur sechs Prozent erreicht. Beachtlich ist auch, dass wenn der Markenname erst nach fünf Sekunden erklingt, dann steigert sich die Aufmerksamkeit für diesen Banner um sogar 50 Prozent.

3.2.3. Sound beim Marketing am Telefon

Marketing am Telefon kann zum Einen bei direkter telefonischer Kundenakquise stattfinden, oder auch bei Service-Anrufen. Bei großen Unternehmen müssen die Anrufer bis zu 7 Minuten in der Warteschleife verweilen.

Die Gesellschaft US West Communication hat in ihrer Telefonmarketing-Studie herausgefunden, dass 40 Prozent mehr der Anrufer in der Warteschleife verweilen, wenn Informationen in der Warteschleife kommuniziert werden. Außerdem ist bemerkenswert, dass 16 Prozent der Anrufer ein Angebot kaufen, dass ihnen in der Warteschleife angeboten wurde.

Auch die Musik von Warteschleifen kann Anrufer positiv beeinflussen. Dafür muss aber die Musik zum Unternehmen passen, umso höher ist dann auch die Akzeptanz beim Anrufer. Wirkt die Warteschleife billig in der Produktion, projiziert der Anrufer das sofort auf das gesamte Unternehmen.

3.2.4. Sound beim Marketing am Point of Sale

Der Point of Sale stellt den Verkaufsort des Produktes oder der Produkte einer Marke dar. Außer den Geschäften oder Filialen des Unternehmens können das aber auch andere Orte sein, wie zum Beispiel Shopping Center oder Geschäfte von Händlern, die die Produkte ebenfalls vertreiben.

Gerade auch für die firmeneigenen Geschäfte und Filialen sind die sogenannten „Soundscapes“ geeignet. Das sind Klangumgebungen, die nicht sehr aufdringlich sein sollen und eher Entspannung und Wohlbefinden hervorrufen sollen, als Aufmerksamkeit zu wecken. Sie sollen einfach bezwecken, dass sich der Konsument wohl bei der Marke fühlt. Die Soundscapes werden im Kapitel „3.3.1.8. Das Soundscape“ erläutert.

Eine Studie der SENSARAMA Consulting GmbH aus Graz von 2007 kam zu dem Ergebnis, dass die Spontankaufrate in einem Geschäft mit einem passenden Soundscape sich auf 46 Prozent steigerte. Vorher lag sie ohne Musik bei 29 Prozent. Die Soundscapes haben also einen positiven Einfluss auf das Kaufverhalten direkt am Point of Sale, aber auch auf die Markenwirkung.

3.3. Planungsstrategien für Corporate Sound

Zur Konzeptionierung von Corporate Sound für Unternehmen werden verschiedene Strategien genutzt. Dabei kann man zwei als die Grundlegenden herausstellen. Zum einen ist das die „Integrated Strategie“. Diese geht von der gesamten Klangidentität aus. Die Klangidentität ist äquivalent und in kleinerem Maßstab wie die Unternehmensidentität zu verstehen. Die Klangidentität beschreibt das komplette Klangkonzept eines Unternehmens in seiner Gesamtheit. Ziel dieser Integrated Strategie ist es, alle Touchpoints des Konsumenten mit dem Unternehmen mit einer einheitlichen akustischen Markenführung zu versorgen. Dabei wird aber immer als Ausgangspunkt diese Klangidentität genutzt und auf ihr basierend werden alle Elemente entwickelt.

Als zweite Strategie ist noch die „Logo focused Strategie“ zu nennen. Hierbei ist der Ausgangspunkt das Soundlogo. Dieses wird bis zur Perfektion entworfen, und erst wenn es fertig ist, entsteht die vollständige Klangidentität und die weiteren Elemente.

Beide Verfahren haben ihre Vor- und Nachteile und ihre passenden Anwendungsbereiche. Bei der „Integrated Strategie“ ist die Klangidentität

einheitlich und passt perfekt auf das Image des Unternehmens. Jedoch kann es bei der Umsetzung der einzelnen Elemente zu Problemen kommen, da vielleicht das Soundlogo mit seiner Kürze und Einprägsamkeit schwer mit dem Musikbett zu vereinbaren ist. Dieses Verfahren ist jedoch für Unternehmen geeignet, die nahezu über alle Medien und Kanäle mit den Konsumenten kommunizieren.

Die „Logo focused Strategie“ funktioniert genau umgekehrt. Da hier die Entwicklung mit dem Soundlogo beginnt, kann die Klangidentität am Ende vielleicht nicht fokussiert genug umgesetzt werden. Oder es kann kein flüssiger Übergang zwischen Musikbett und Soundlogo realisiert werden. Diese Vorgehensweise ist demnach für Unternehmen geeignet, die nur wenig über Medien kommunizieren und die vielleicht auch eine bestimmte Auswahl an Konsumenten haben und nicht die breite Öffentlichkeit ansprechen müssen.

3.3.1. Konzeption der einzelnen Elemente

An dieser Stelle sollen erst einmal die wichtigsten Elemente des Corporate Sound erläutert werden. Auch ihre Konzeption und ihre Eigenschaften sollen beleuchtet werden, bevor dann im Kapitel 3.3.2. die Konzeption einer einheitlichen Klangidentität veranschaulicht werden soll.

3.3.1.1. Das Sound Logo

Das Sound Logo stellt das signifikanteste Element des Corporate Sound dar. Das Sound Logo übernimmt im Corporate Sound ähnliche Funktionen wie das visuelle Logo aus dem Corporate Design. Das Sound Logo ist also das akustische Markenzeichen.

In der Regel besteht es aus einer kurzen und markanten Tonfolge. Es muss aber nicht zwingend einen melodischen Charakter besitzen. Es kann genauso auch aus zusammengesetzten Klängen oder Geräuschen bestehen. Der Wiedererkennungseffekt und auch das Merken sind jedoch am effektivsten, wenn eine Melodie in immer der gleichen Tonhöhe eingesetzt wird. Das Audiologo kann als Konzept angesehen werden, wobei einige Eigenschaften festgeschrieben sind, und andere frei an die jeweilige Kommunikationsanwendung angepasst werden. So steht beispielsweise die

Melodie und die Tonhöhe fest, jedoch nicht die Instrumente oder die Hintergrundklänge oder einfach die Klangfarbe. So kann das Audiologo immer an die Zielgruppe oder an den jeweiligen Kontext angepasst werden.

Die Wirkung des Audiologos ist noch größer, wenn es zusammen mit dem visuellen Logo präsentiert wird. Das ruft sogenannte Synergieeffekte hervor. Synergieeffekte sind die Verstärkung der Markenwirkung bei Kommunikation über mehrere Kanäle und Sinne gleichzeitig. Dabei addiert sich die Wirkung nicht nur, sondern sie multipliziert sich.

Hier sollen als Beispiel das Sound-Logo und das visuelle Logo der Telekom dienen. Das visuelle Logo besteht aus fünf Punkten, im Sound Logo entspricht das den fünf nacheinander folgenden Tönen. In TV-Spots beispielsweise werden diese fünf Punkte des visuellen Logos nacheinander hervorgehoben, während die jeweilige Note erklingt. Nachfolgend ist das Logo der Telekom abgebildet.



Abbildung 29: Grafisches Logo der Telekom

Das Sound Logo sollte unabhängig von den Eigenschaften der Übertragungstechnik funktionieren. Es sollte auch möglichst einfach aufgebaut sein, um leichter wiedererkennbar zu sein. Es sollte also auch unverwechselbar sein und sich von anderen Sound Logos abheben. Es muss also im Vorfeld eine eingehende Marktforschung stattfinden, um eine Lücke zu finden, wo sich das Unternehmen mit seinem Sound Logo angemessen und einzigartig platzieren kann.

3.3.1.2. Der Jingle

Auch der Jingle dient wie das Sound Logo zur akustischen Darstellung der Marke. Im Gegensatz zum Sound Logo kann der Jingle jedoch etwas län-

ger sein. Der wichtigste Unterschied ist jedoch, dass der Jingle immer mit einem gesungenen oder gesprochenen Claim angewendet wird. Dieser Claim entspricht in der Regel dem Unternehmens-Claim, der im Corporate Design auch grafisch dargestellt wird. Ein Claim ist ein Satz oder eine Wortgruppe, der fester Bestandteil der Unternehmenskommunikation ist. Inhaltlich kann er die verschiedensten Aussagen beinhalten. Das reicht von Markenversprechen, über Produktnutzen, über die Unternehmensmission oder –vision bis hin zum Alleinstellungsmerkmal der Marke.

Alle weiteren Gestaltungsmerkmale entsprechen denen des Sound Logos. Der Jingle sollte möglichst kurz sein und aus einer einprägsamen Melodie bestehen. Außerdem sollte es sich auch von anderen Jingles abgrenzen, um eine größtmögliche Wiedererkennung zu schaffen. Das Design des Jingles sollte aber dem des Sound Logos ähneln, um mit der Marke gleichermaßen verbunden zu werden und auch die gleichen Emotionen hervorzurufen. Wird der Konsument durch eine Vielfalt an akustischen Reizen verwirrt, mindert das den Erfolg für die Marke.

3.3.1.3. *Der Werbesong*

Für den Werbesong werden sehr häufig bereits bekannte und auch bereits erfolgreiche Lieder verwendet, oder auch neue, denen ein gewisser Bekanntheitsgrad vorausgesagt wird. Der Werbesong wird also nicht neu konzipiert. Die Planungsarbeit besteht hier vielmehr aus der Suche nach einem passenden und bereits vorhandenen Lied, dass die geplante Kommunikation bestmöglich unterstützt und auch zu der Marke passt.

Das Werbelied dient als Hintergrund-Klang hauptsächlich für Werbespots in TV, Radio oder im Internet. Diese Werbelieder werden dann über nahezu die komplette Länge des Spots verwendet. Sie sind also nicht so kurz zu halten wie das Sound Logo oder den Jingle.

Werbesongs dienen vor allem dem Transport von Emotionen. Meistens werden mit dem Werbesong mehr die Emotionen der Spot-Geschichte unterstützt, als die der Marke selbst. Bei geglückter Emotionsübermittlung wirkt sich dieser Zusammenhang aber auch wieder positiv auf die Marke aus. Die Marke hatte somit die Macht, dem Konsumenten eine spannende oder rührende Geschichte zu erzählen und ihn damit zu bewegen. Somit wird der Marke Wissen und Macht unterbewusst zugesprochen.

3.3.1.4. *Der Brand Song*

Der Brand Song hat die gleichen Aufgaben und Funktionsweisen wie das Werbelied. Der einzige Unterschied besteht darin, dass der Brand Song speziell für das Unternehmen komponiert und getextet wird. Hierbei gibt es auch zusätzlich Brand Songs, die nur für eine bestimmte Werbebotschaft entwickelt werden und nach Ende der Kommunikation zu diesem Produkt oder dieser Dienstleistung nicht mehr verwendet werden können.

Im Gegensatz zum Werbelied besteht beim Brand Song also ein erhöhter konzeptioneller Aufwand. Der Brand Song muss wieder in die akustische Kommunikation des Unternehmens passen und sich dort einfügen und darf nicht für Verwirrung beim Konsumenten sorgen. Zusätzlich kommt die textliche Komponente dazu, die sorgfältig entworfen werden muss, um nicht das Gesamtbild zu zerstören.

3.3.1.5. *Die Brand Voice*

Meist wird bei der Repräsentation einer Marke für die sprachlich kommunizierten Inhalte immer die gleiche Stimme verwendet. Das dient verschiedenen Zwecken. Das dient der Wiedererkennung der Marke sowie der emotionalen Platzierung. Will das Unternehmen die Marke seriös wirken lassen, so bietet sich eine tiefe und sonore Stimme an, soll es dagegen jugendlich rüberkommen, so sollte auch eine jugendliche Stimme verwendet werden.

Die Brand Voice ist also eine Stimme, die die Marke immer wieder über die Vielzahl an akustischen Kanälen repräsentiert. Sie muss nicht so, wie sie am Ende bei der Unternehmenskommunikation zu hören ist, auch in der Wirklichkeit klingen. Sie kann auch bearbeitet werden, oder auch vollständig synthetisch erzeugt werden, wie beispielsweise die Stimme des „Kleinen Hungers“ von Müller.

3.3.1.6. *Das Earcon*

Earcons sind Sounds, die bei der Bedienung von virtuellen Knöpfen, also „Buttons“, auf Websites oder in Computer-Software erklingen. Erweitert kann man auch aufgrund der Existenz der neuen Medien, mobile Anwen-

dungen für Smartphones und weiterer ähnlicher Anwendungen hinzuziehen.

Sie sollen zum Einen die Bedienung vereinfachen, zum Anderen sie aber auch ästhetischer wirken lassen. Diese Ästhetik kann wiederum in den Konsens des Corporate Sound eingebettet werden. Earcons sind allerdings so kurz, dass sie mitunter nur aus einem Ton, Klang oder Geräusch bestehen. Das macht es aber schwierig, sie für den Hörer dem Markenklang eindeutig zugehörig erscheinen zu lassen. Eine Möglichkeit besteht darin, sie stark dem Sound Logo anzulehnen.

3.3.1.7. *Der Produktklang*

Der Produktklang kann zum Einen aus den produkteigenen mechanischen Klängen bestehen, zum Anderen auch aus synthetischen und von einer Software abgespielten Klängen bestehen.

Produkteigene Klänge treten bei mechanischen Funktionen des Produktes auf, wie zum Beispiel beim Öffnen einer Limonaden-Dose, oder beim Öffnen und Schließen einer Autotür. Solche Produktklänge werden mit mechanischen Veränderungen am Produkt selbst beeinflusst. Hört sich eine Autotür beispielsweise zu klapprig an, dann werden weitere Türgummis eingesetzt, um das Geräusch weiter abzdämpfen.

Der Produktklang in synthetischer Form wird vor allem bei Funktionen verwendet, die aufgrund der technischen Entwicklung nicht mehr mechanisch ausgeführt werden, sondern durch Software-Funktionen ersetzt werden. Beispielsweise das Knopfdrücken von Kaffeemaschinen stellt diesen Zusammenhang dar. Während bei älteren Modellen noch ein Kippschalter den Heizvorgang in Gang setzt, ist bei modernen Maschinen eine Software vorhanden, die verschiedene Zubereitungsarten steuert. Das mechanische Klicken des Knopfes wird jetzt durch einen synthetischen Klang ersetzt, wie zum Beispiel einem Piepen.

Für die Konzeption solcher neuer synthetischer Klänge gelten die gleichen Regeln wie für die Earcons, da solche Produktklänge genauso sehr kurz sein müssen. Das Knopfdrücken an sich stellt ja ebenfalls nur einen sehr kurzen Vorgang dar. Teilweise zerfließen auch inzwischen die Grenzen zwischen den Earcons und den synthetischen Produktklängen, da auch die Anwendungen immer mehr verwischen.

3.3.1.8. *Das Soundscape*

Soundscapes sind längere Klangsequenzen mit einem dem Markenimage entsprechenden Klangcharakter. Sie dienen vor allem als Klangbett für beispielsweise Sprachpassagen in unterschiedlichen Kommunikationsanwendungen, wie zum Beispiel Rundfunkspots. Durch solche Soundscapes sollen beim Konsumenten vor allem Entspannung und Vertrauen hervorgerufen werden.

Vom Klangcharakter her müssen sie daher möglichst ruhig und nicht zu aufreibend gestaltet werden und wie auch die anderen Elemente in das Klangkonzept des Corporate Sound einheitlich reinpassen. Die Soundscapes werden dabei aus den sogenannten „Grounds“ und „Figures“ zusammengesetzt. Die Grounds sind die Klangteppiche, wie zum Beispiel breite Streicher, die das Fundament des Soundscapes bilden. Die Figures sind kurze Klangereignisse, die kurz aus den Grounds hervorstechen, wie zum Beispiel kurze instrumentale Solopassagen, oder kurze Melodielinien, durchaus auch Geräusche.

Solche Soundscapes werden beispielsweise für die Hintergrundbeschallung von Messeauftritten verwendet, oder zum Beispiel wie bei der Lufthansa in der Vielfliegerlounge. Auch als Musikbett können sie verwendet werden, wie im Beispiel von den TV-Spots vom Handytarifanbieter O2.

3.3.2. **Konzeption von Klangidentitäten**

Die Klangidentität stellt kein produzierbares Sound-Element des Corporate Sounds dar, im Gegensatz zu den oben aufgezählten. Die Klangidentität ist vielmehr ein Planungskonzept oder eine Strategie für die akustische Kommunikation von Unternehmen. Daher bedarf die Klangidentität einer gründlichen Recherche, Kreativarbeit und Planung. Auch auf die Darstellung und Handhabung für die zukünftige Anwendung der klanglichen Unternehmenskommunikation muss besonders geachtet werden.

Zu Beginn des Prozesses der Erstellung einer Klangidentität beginnt das Projektmanagement. Hierbei wird ein Projekt- und Zeitplan erstellt, der festlegt, wie viel Zeit die einzelnen Arbeitsschritte in Anspruch nehmen werden und können und wann wer und welches Equipment benötigt wird.

Bevor der kreative Prozess der Entwicklung einer Klangidentität beginnen kann, muss eine detaillierte Marktanalyse durchgeführt werden. Wenn das Wettbewerbsumfeld bekannt ist, werden auch Lücken sichtbar, in de-

nen sich das Unternehmen noch platzieren kann und nicht in der Masse an vorhandenen Sounds untergeht. Es werden die eigenen Markenwerte untersucht und auch die der Konkurrenz. Auch Unterschiede zu anderen Unternehmen werden gesucht. Die Kommunikationsziele der anderen Unternehmen werden analysiert und Möglichkeiten für eigene werden gesucht, indem Lücken gefunden werden. Es wird auch auf akustischer Ebene analysiert, wie sich das Unternehmen bisher akustisch präsentiert hat. Außerdem wird betrachtet, wie die Konkurrenz das zu dieser Zeit tut.

In der nächsten Phase, der Konzeption, wird erfasst, welche Touchpoints, also Kontaktpunkte zum Konsumenten bestehen. Über welche Kanäle also kommuniziert wird. Es werden auch neue Möglichkeiten für die Zukunft erfasst, die umgesetzt werden möchten. In dieser Konzeptionsphase wird auch die Markenidentität mit akustischen Eigenschaften erstmals beschrieben. Die Klangidentität ist kein produzierbares akustisches Objekt, es ist selbst ein Konzept und entsteht somit in dieser Phase. Hier wird jetzt das Konzept der Klangidentität mit den Mitteln der geschriebenen Sprache verbal festgehalten und mit vorproduzierten Audiobeispielen untermauert. Auch die Brand Voices werden ausgesucht und festgelegt.

Im nächsten Schritt werden benötigte Sound-Elemente produziert. Dies setzt aber eine zusätzliche Konzeption voraus. Die einzelnen Elemente müssen kreativ konzipiert werden und der Klangidentität entsprechen. Daraufhin werden sie dann auch produziert und für die jeweilige Verwendung aufbereitet.

Nach der Produktion wird auch ein sogenanntes „Corporate-Sound-Manual“ erstellt. Das ist eine Art Leitfaden, der die Benutzungsweise der Klangidentität und der einzelnen Elemente erläutert. Das ist notwendig für die zukünftige Verwendung dieser konzeptionellen Arbeiten, damit nicht von vorne begonnen werden muss. Dieses Manual ist auch wichtig, damit in Zukunft innerhalb dieser Klangidentität kommuniziert wird und nicht im Laufe der Zeit davon abgewichen wird.

Danach folgt die Implementierung, also die Umsetzung und Einführung der Sounds an den Touchpoints und in den Kampagnen. Nach einer gewissen Laufzeit folgt die Evaluation. Also die Analyse des Erfolges und der Wirkungsweisen dieser akustischen Elemente in der Kommunikation. Mit diesen Ergebnissen wird der Sound noch einmal optimiert. Danach ist der Prozess der Konzeption von Corporate Sound anhand der Klangidentität beendet.

4. Schlussbetrachtung und Ausblick

Akustische Reize haben einen weit höheren Einfluss auf den Menschen, als im Allgemeinen vermutet wird. Die auditiven Reize werden vor allem gegenüber den visuellen stark unterschätzt. Diese beiden Sinneswahrnehmungen haben auch entscheidende Unterschiede in der Reizverarbeitung, die sie nicht wirklich vergleichbar machen. Dadurch, dass akustische Informationen direkt an das Unterbewusstsein gelangen und es teilweise auch steuern können, haben solche Reize eine große Wirkung auf den Menschen. Wenn die Unternehmen das zu Kommunikationszwecken bewusst nutzen, dann sind sie in der Lage eine unglaublich große Wirkung auf den Konsumenten auszuüben, ohne dass er sich selbst dessen bewusst wird. Die Funktion des Hörorgans zu verstehen und die Wirkungsweisen bei der Wahrnehmung des Menschen zu erkennen, sind die wichtigsten Grundvoraussetzungen für eine bewusste Verwendung von Sound zu Marketingzwecken.

Der Corporate Sound stellt das Konzept für eine solche bewusste akustische Repräsentation von Unternehmen dar. Es gibt unterschiedliche Herangehensweisen. Jedoch ist auffällig, dass Corporate Sound nur von Großunternehmen angewendet wird. Mittlere und Kleinunternehmen dagegen verwenden ihn kaum. Es bleibt zu diskutieren, ob das auch seine Rechtfertigung in der Sättigung der Anzahl und Differenzierbarkeit von Klangidentitäten findet. Würde jedes Unternehmen sich akustisch platzieren, so bliebe kaum Spielraum für neue Klangidentitäten, die sich weiterhin von den vorhandenen abheben können. Solange nur die großen Unternehmen eine verwenden, ist es auch für die Konsumenten noch übersichtlich und die Wirkung von Corporate Sound ist somit gesichert. Außerdem bleibt zu hinterfragen, ob Corporate Sound für kleinere Unternehmen Sinn macht, die nur eine bestimmte Zielgruppe haben und keine Massen ansprechen wollen oder müssen.

Der Corporate Sound ist auch wie bereits angedeutet schon jetzt vielen Schwierigkeiten und neuen Anforderungen unterworfen, denen er sich jederzeit und flexibel anpassen können muss. Die neue und im Kommen begriffene „Integrierte Unternehmenskommunikation“ stellt ein neues Kommunikationskonzept für Unternehmen dar. Es beschreibt wie Unternehmen sowohl nach außen wie auch nach innen ihre Kommunikation aufgrund der neuen und ständig wachsenden Kommunikationsmöglichkeiten anpassen müssen. Es kann keine Kampagnenplanung mehr geben, sondern die

Kommunikation muss als immer wählender Prozess angesehen werden. Das ist auch notwendig, da es auch durch die neuen Medien ständig neue Schnittstellen gibt, die auch individuell angepasst werden können.

Somit wird auch der Corporate Sound neuen Anforderungen unterworfen sein. Es wird nicht mehr möglich sein, mit den immer gleichen Sound-Elementen bestimmte Schnittstellen zu bedienen. Gerade in den neuen Medien muss ein flexiblerer Einsatz von Sound möglich werden. Die Grenzen werden hier zerfließen zwischen den Elementen. Für die Konzeption bedeutet das, dass es kein klares Konzept mehr geben wird. Vielmehr werden alle Schritte während des Konzeptionsprozesses parallel zueinander und immer fortwährend ablaufen.

Die integrierte Unternehmenskommunikation beinhaltet aber weit mehr, als dass es nur ein flüssiger und immer wählender Prozess sein wird. Die Unternehmensidentität muss mit dem Image des Unternehmens zu 100 Prozent übereinstimmen, und jeder Mitarbeiter des Unternehmens muss diese Einstellung und Motivation, die die Markenidentität ausmacht, selbstständig mit tragen und auch weitertransportieren.

Für den Corporate Sound bedeutet das speziell, dass jeder Mitarbeiter sich selbstständig an die Richtlinien der Klangidentität halten muss, sobald er als Teil des Unternehmens mit Kunden oder Partnern kommuniziert. Genauso muss er sich dann auch mit dem Corporate Design verhalten.

Literaturverzeichnis

Einleitung:

- Herrmann, Marcus: Psychoakustik und Sound-Engineering
GRIN Verlag, 2001
- Achterholt, Gertrud: Corporate Identity
Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, 1988
- Birkigt, K./ Stadler, M. M./ Funck, H. J.: Corporate Identity
Verlag moderne industrie, 2002

1.1. Die Bedeutung der Hörfähigkeit für den Menschen:

- Gruber, Benjamin E. G.: Physiologie des Gehörs und Auditive Wahrnehmung beim Menschen
GRIN Verlag, 2009

1.2. Der physiologische Hörvorgang:

- Speckmann, E.-J./ Hescheler, J./ Köhling, R.: Physiologie
Urban & Fischer Verlag, 2008
- Medienbewusst.de:
Aufklärungsseite für Mediennutzung und –wirkung
<http://www.medienbewusst.de/musik-und-hoerbuecher/20090419/2457.html>
aufgerufen am 06.06.2010
- cochlee.org:
Lehrangebot zum Thema Cochlea von Rémy Pujol der Universität Genf
<http://www.neuroreille.com/promenade/english/cochlea/cochlea.htm>
aufgerufen am 03.07.2010
- Markus-fiedler.de:
Inhalte des Fachvortrages „Hörphysiologie und Psychoakustik“ von Markus Fiedler, Gastdozent an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
<http://www.fiedler-audio.de/markus-fiedler//psychoakustik.html>
aufgerufen am 09.06.2010
- dasp.uni-wuppertal.de:
Sammlung von Lehrunterlagen zum Thema Psychoakustik von Martina Kremer, Fachbereich Elektrotechnik der Bergischen Universität Wuppertal
http://www.dasp.uni-wuppertal.de/ars_auditus/psychoak/psychoak0.htm

aufgerufen am 12.07.2010

1.3. Die kognitive Reizinterpretation von Hörereignissen:

- Pritzel, Monika/ Brand, Matthias/ Markowitsch, Hans J.: Gehirn und Verhalten
Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2009
- PDF: Informationsverarbeitung im Menschen
Clemens Brunner, 2010
Vorlesungsskript an der Technischen Universität Graz
- cochlee.org:
Lehrangebot zum Thema Cochlea von Rémy Pujol der Universität Genf
<http://www.neuroreille.com/promenade/english/cochlea/cochlea.htm>
aufgerufen am 03.07.2010
- PDF: Das menschliche Gehör
Prof. Oliver Curdt
Vorlesungsskript an der Hochschule der Medien Stuttgart
- Neuro24.de:
Infosite des Neurologen Karl C. Mayer
http://www.neuro24.de/hirnnerven_hoeren.htm
aufgerufen am 10.07.2010
- Sinnesphysiologie.de:
Online-Lehrangebot von Stephan Frings an der Universität Heidelberg
<http://www.sinnesphysiologie.de/hvsinne/hoeren/hbahn.htm>
aufgerufen am 13.07.2010

1.4. Die Wahrnehmungskette:

- Kliniken.de:
Informationsangebot der Jobbörse www.kliniken.de
<http://www.kliniken.de/lexikon/Medizin/Physiologie/Wahrnehmung.html>
#Die_Wahrnehmungskette
aufgerufen am 15.07.2010

1.5. Störungen der auditiven Wahrnehmung:

- Gruber, Benjamin E. G.: Physiologie des Gehörs und Auditive Wahrnehmung beim Menschen
GRIN Verlag, 2009
- Guski, Rainer: Wahrnehmen – ein Lehrbuch
Kohlhammer Verlag, 1996
- Dgspj.de:

Informationsangebot der Deutschen Gesellschaft für Sozialpädiatrie und Jugendmedizin e.V.

http://www.dgspj.de/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=107

aufgerufen am 18.07.2010

- Gruber, Benjamin E. G.: Physiologie des Gehörs und Auditive Wahrnehmung beim Menschen
GRIN Verlag, 2009
- Herrmann, Marcus: Psychoakustik und Sound-Engineering
GRIN Verlag, 2001
- Pritzel, Monika/ Brand, Matthias/ Markowitsch, Hans J.: Gehirn und Verhalten
Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2009
- Hocker, Klaus M.: Tinnitus
C. H. Beck Verlag, 2002

1.6. Die Zusammenarbeit der Sinne:

- Guski, Rainer: Wahrnehmen – ein Lehrbuch
Kohlhammer Verlag, 1996
- Adler, Hans/ Zeuch, Ulrike: Synästhesie
Königshausen & Neumann Verlag, 2002
- Speckmann, E.-J./ Hescheler, J./ Köhling, R.: Physiologie
Urban & Fischer Verlag, 2008

2.1. Psychoakustische Größen, Parameter und Kennlinien:

- dasp.uni-wuppertal.de:
Sammlung von Lehrunterlagen zum Thema Psychoakustik von Martina Kremer, Fachbereich Elektrotechnik der Bergischen Universität Wuppertal
http://www.dasp.uni-wuppertal.de/ars_auditus/psychoak/psychoak0.htm
aufgerufen am 21.07.2010
- PDF: Tonhaltigkeit aus psychophysikalischer Sichtweise
Vormann, M./ Schick, A./ Meis, M./ Klatte, M./ Mellert, V.
Veröffentlichung des Instituts zur Erforschung von Mensch-Umwelt-Beziehungen im Fachbereich Physiologie an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Müller, Gerhard/ Möser, Michael: Taschenbuch der Technischen Akustik
Springer Verlag, 2004

- Musica.at:
Informationsangebot des Musikwissenschaftlers Mag. Johannes Kaiser-Kaplaner
http://www.musica.at/musiklehre/11_005.htm
aufgerufen am 25.07.2010
- Netaudio.de:
Informationsangebot als praktischer Teil der Magisterarbeit von Sebastian Kauer an der TU Berlin
http://www.netaudio.de/psychoakustik/Daten/kritische_Bandbreiten/rauhigkeit.htm
aufgerufen am 25.07.2010

2.2. Psychoakustische Phänomene und Fähigkeiten:

- dasp.uni-wuppertal.de:
Sammlung von Lehrunterlagen zum Thema Psychoakustik von Martina Kremer, Fachbereich Elektrotechnik der Bergischen Universität Wuppertal
http://www.dasp.uni-wuppertal.de/ars_auditus/psychoak/psychoak0.htm
aufgerufen am 21.07.2010
- PDF: Stereophonie
Gernemann, A.
Unterlagen zu Kursen an der Universität Köln
- Gruber, Benjamin E. G.: Physiologie des Gehörs und Auditive Wahrnehmung beim Menschen
GRIN Verlag, 2009
- Daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de:
Lehrangebot von Walter Wagner an der Universität Bayreuth
http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/experimente/effekt/effekt_stimmeh.htm
aufgerufen am 27.07.2010

2.3. Die Psychoakustik von Geräuschen:

- Movie-college.de:
Informationsangebot des Allary Film, TV & Media movie-colleges
<http://www.movie-college.de/filmschule/ton/geraeusche.htm>
aufgerufen am 28.07.2010

2.4. Die Psychoakustik von Sprache:

- Pompino-Marschall, Bernd: Einführung in die Phonetik

Walter de Gruyter Verlag, 2003

- Ruediger-weingarten.de:
Lehrangebot von dem Linguistiker Prof. Dr. Rüdiger Weingarten der
Universität Bielefeld
<http://www.ruediger-weingarten.de/Orthographie/Phonetik.htm>
aufgerufen am 30.07.2010
- Christianlehmann.eu:
Lehrangebot des Sprachwissenschaftlers Prof. Christian Lehmann der
Universität Erfurt
http://www.christianlehmann.eu/ling/lg_system/phon/03_Auditive_Phonetik.html
30.07.2010
- Grimm H./ Engelkamp J.: Sprachpsychologie
Erich Schmidt Verlag, 1981

2.5. Die Psychoakustik von Musik:

- PDF: Wahrnehmung von Musik
Fischer, Manuel
Vorlesungsskript an der Hochschule der Medien Stuttgart 2008

3.1. Corporate Sound:

- PDF: Audio Branding
Heer, Dominik
Vorlesungsskript an der Hochschule der Medien Stuttgart
- PDF: Sonic Logos
Meyer, Marcus
Vorlesungsskript an der Hochschule der Medien Stuttgart 2010
- Corporate-sound.com:
Internetauftritt der Kommunikationsagentur für akustische Markeninszenierung
<http://corporate-sound.com/>
aufgerufen am 02.08.2010
- Birkigt, K./ Stadler, M. M./ Funck, H. J.: Corporate Identity
Verlag moderne industrie, 2002

3.2. Sound im Marketing:

- PDF: Comevis, Audio Marketing & Audio Branding
Comevis GmbH & Co KG, Agentur für Audio Branding
Studien, Analysen und Fakten zum Thema Audio Marketing
- PDF: Sounddesign bei Werbespots und Jingles

Beckmann, Patrick

Vorlesungsskript an der Hochschule der Medien Stuttgart

- PDF: Comevis, Audio Marketing Internet
Comevis GmbH & Co KG, Agentur für Audio Branding
Studien, Analysen und Fakten zum Thema Audio Marketing
- PDF: Comevis, Audio Marketing Telefonie
Comevis GmbH & Co KG, Agentur für Audio Branding
Studien, Analysen und Fakten zum Thema Audio Marketing
- PDF: Comevis, Audio Marketing PoS
Comevis GmbH & Co KG, Agentur für Audio Branding
Studien, Analysen und Fakten zum Thema Audio Marketing

3.3. Planungsstrategien für Corporate Sound:

- PDF: Audio Branding
Heer, Dominik
Vorlesungsskript an der Hochschule der Medien Stuttgart
- PDF: Sonic Logos
Meyer, Marcus
Vorlesungsskript an der Hochschule der Medien Stuttgart 2010
- Telekom.com:
Website des Unternehmens Deutsche Telekom AG, Pressebereich
<http://www.telekom.com/dtag/cms/content/dt/de/7842>
aufgerufen am 03.08.2010

Erklärung zur selbstständigen Anfertigung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Teile, die wörtlich oder sinngemäß einer Veröffentlichung entstammen, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde noch nicht veröffentlicht oder einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Nicole Michala, Mittweida, 08.08.2010